YAMAHA® LSI

# OPN
# YM2203

## アプリケーションマニュアル

(FM Operator Type-N)

YAMAHA


| YM2203アプリケーションマニュアル |
| --- |
| CATALOG No.：LSI-1422032 |
| 1991.08 |

**本冊子の御使用につきましては以下の点に御注意下さいます様お願い致します。**

- 本冊子の内容は改良等の為、予告なく変更される場合があり、御使用に際しては改めて仕様の御確認をお願い致します。
- 本冊子に記載されております応用回路例は基本的な使用方法を示したものであり、実際の量産に際しての設計を保証するものではありません。
- 本冊子に記載されております内容は工業所有権その他の権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。

目次


1．序 …… 1

1－1 概要 …… 1

1－2 特徴 …… 1

1－3 FM方式の概略 …… 2

2．機能概要 …… 4

2－1 ブロック図 …… 4 (12)

2－2 アドレス・マップ …… 4 (13,14)

2－3 主要機能 …… 4

2－4 端子配線図 …… 5

2－5 端子の機能説明 …… 6

2－6 バスコントロール …… 8

2－7 FM音源部のﾁｬﾝﾈﾙとｽﾛｯﾄについて …… 11

3．動作説明 …… 15

3－1 OPNの構成 …… 15

3－2 FM音源部 …… 15

3－3 SSG音源部 …… 40

3－4 ｽﾃｰﾀｽ 情報とｲﾝﾀｰﾗﾌﾟﾄ信号 …… 48

4．インターフェイスの方法 …… 49

4－1 クロックの発生 …… 49

4－2 ｵｰﾃﾞｨｵ出力ｲﾝﾀｰﾌｪｲｽ …… 50

4－3 外部メモリアクセス …… 53

4－4 ﾏｲｸﾛﾌﾟﾛｾｯｻ/ﾏｲｸﾛｺﾝﾋﾟｭｰﾀとのｲﾝﾀｰﾌｪｲｽ …… 54

4－5 ﾐｭｰﾃｨﾝｸﾞ回路 …… 55

5．楽音の作り方 …… 56

5－1 FM音作りの考え方 …… 56

5－2 音作りの基本 …… 56

5－3 音作りの例 …… 58

6．電気的特性 …… 66

6－1 絶対最大定格 …… 66

6－2 推奨動作条件 …… 66

6－3 直流特性 …… 67

6－4 交流特性 …… 68

6－5 タイミング図 …… 71

# 1　序

マイクロプロセッサーでピアノやバイオリン、フルートといった自然楽器と同等のリアルな音を出そうとすると、膨大なデータの処理に追われ、楽音発生以外の仕事はほとんど出来なくなります。そこでＯＰＮではＦＭ方式の楽音発生を採用したことにより、内蔵レジスタに音色情報を設定するだけで、豊かな楽音が得られ、かつプロセッサにも、他の仕事をする余裕が生まれます。また、ＦＭ方式の採用は、シンセサイザーとしての機能を持ち、先に述べたような自然楽器の音はもちろんのこと、あらゆる音に対応出来ます。

ＯＰＮでは、ＦＭ方式の楽音発生以外に、単純な矩形波のみの音源であるが、コントロールが簡単ということで、よく使われているＹＭ２１４９（ＳＳＧ）やＡＹ－３－８９１０／８９１２（ＰＳＧ）［ＧＩ社］とコンパチブルな機能を持っております。これは従来ＳＳＧやＰＳＧを使っていたシステムにおいて、これらをＯＰＮに置き換えることにより、簡単にシステムアップできます。

## １－１　概要

ＯＰＮはＹＡＭＡＨＡのＳｉ－Ｇａｔｅ　ＮＭＯＳプロセスで作られたＬＳＩです。ＯＰＮにはＦＭ方式の音源と矩形波を制御するＳＳＧ（ＰＳＧ）Ｔｙｐｅの音源（以後ＳＳＧ音源と呼ぶ）と２つ持っており、それぞれ自由に音色設定の出来るように、独立したレジスタアレーがあります。このレジスタに音色情報を入力するだけで、楽音・効果音・警報　さらには複合正弦波合成方式（ＣＳＭ）を用いた音声合成など、各種の複雑な音を発生することが出来ます。この２つの音源はそれぞれ３音（３チャンネル）ずつ、楽音発生が可能であるため、楽器（ミュージックシンセサイザー）としていろんな演奏が可能です。

## １－２　特徴

- ＦＭ方式の音源を採用し、３音同時発音が可能であり、さらに３音それぞれ異なった音色に設定出来る。
- ３音のうち１音については、特殊な効果音又は複合正弦波合成法による音声の合成が可能
- ２つのタイマー内蔵
- ＦＭ方式以外に矩形波音３音及びホワイトノイズを発生（ＳＳＧ・ＰＳＧとコンパチブル）
- ２つの８ビット汎用Ｉ／Ｏポート
- クロック分周器内蔵により、動作周波数領域が広い
- 入出力はＴＴＬコンパチブル
- Ｎ－ｃｈ　Ｓｉ－Ｇａｔｅ　ＭＯＳ－ＬＳＩ
- 単一５Ｖ電源

## 1－3　FM方式の概略

FM方式とは、文字どおりFrequency modulation、すなわち周波数変調の意味で、変調による高調波の発生を楽音の合成に利用したものです。この方式は比較的簡単な回路で、非調和音も含む高い高調波成分を持つ波形を発生することが出来、しかも変調指数と高調波のスペクトル分布の対応が非常に自然であるため、自然楽器の合成音からいわゆる電子音まで、幅広い音創りが可能ということが確認されています。

FMの方式は(1) 式のごとく、４つのパラメータで表現されます。

$$F = A \sin ( Wct + I\sin Wmt ) \qquad (1)$$

ここで、Aは出力振幅、Ｉは変調指数またＷｃ，Ｗmはキャリア・モジュレータの角周波数である。この式は解析の結果次のように表現されます。

$$F = A [ J_0(I)\mathrm{Sin}Wct + J_1(I) \{ \mathrm{Sin}(Wc+Wm)t - \mathrm{Sin}(Wc-Wm)t \} + J_2(I) \{ \mathrm{Sin}(Wc+2Wm)t + \mathrm{Sin}(Wc-2Wm)t \} + \cdots\cdots \qquad (2)$$

ここで、Ｊｎ（Ｉ）はｎ次の第１種Bessel関数です。(2) 式でわかるように各倍音の振幅は、変調指数のBessel関数で表現されることになり、(1) 式によるＦＭ音源は特定の楽音や効果音の合成に非常に有効となることがわかります。ただし、これでは高調波が一様に分布しないため、String系の音源には不向きになります。そこで、このような弱点を改良し、より有効な合成法として多重変調やfeedbackＦＭが考案されています。(3) 式は二重変調の例であり、(4) がfeedbackＦＭです。

$$F = A \sin [Wct + I_1 \sin(Wm_1t+I_2\sin Wm_2t) ] \qquad (3)$$

$$F = A \sin(Wct+\beta F) \qquad (4)$$

(4) 式のなかのβは帰還率です。特に(4) 式のfeedbackＦＭは高調波スペクトルが鋸歯状波となり、String系の音創りに有効となります。

以上の単純ＦＭ，多重ＦＭ及びfeedbackＦＭの三つの方式を実現するために以上に述べる三つの機能ブロックが必要である。

a．Wtを発生させるphase generator (PG)
b．振幅 Aや変調指数を時間関数として得るためのenvelop generator (EG)
c．sin テーブル(sin)

以上の３つの構成要素を組み合わせて１つのユニットとして考える。このユニットを使うと、先の３つのＦＭ方式は図１－１のように書ける。従って、ＦＭ方式の音創りは、このユニット（オペレータセル：ＯＰ）内の周波数パラメータやＥＧパラメータの設定、及びユニットの組み合わせのデータを創ることになります。

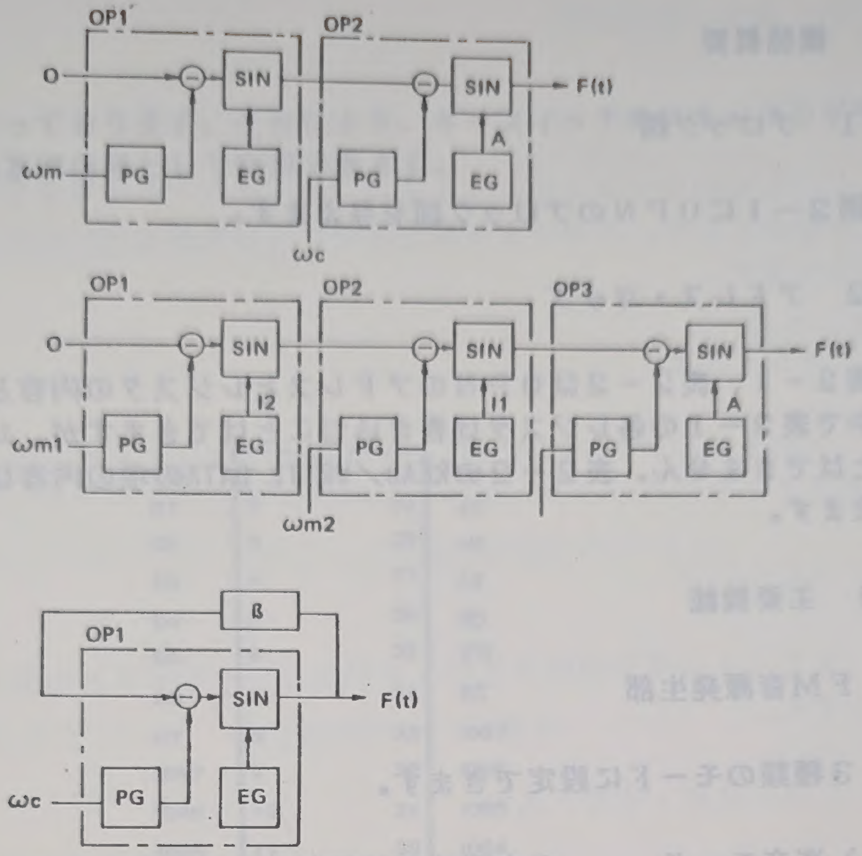



**図１－１　ユニットによるＦＭ方式の表現**

# 2　機能概要

## 2−1　ブロック図

図2−1にOPNのブロック図を与えます。

## 2−2　アドレス・マップ

表2−1、表2−2はOPNのアドレスとレジスタの内容との関係を与えます。この中で表2−1の各レジスタは書き込むことはできますが、レジスタの内容を読みだすことはできません。表2−2のREAD／WRITE DATAの項の内容は読むことも書くことも出来ます。

## 2−3　主要機能

### a）FM音源発生部

3種類のモードに設定できます。

Ⅰ）楽音モード　　3音同時発音可能なFM音源を発生出来、それぞれ別音色に設定できるようにオペレータセルは4個あります。また、オペレータセルの組み合わせ方法は8種類です。

Ⅱ）効果音モード　　3音のうち1音は効果音の発生に適するように、4個のオペレータセルの周波数パラメータを変えることが出来ます。残りの2音については楽音モードと同じです。

Ⅲ）音声モード　　3音のうち1音は複合正弦波合成が可能なモードとなります。残り2音については楽音モードと同じですので、音声と楽音が同時に出せることになります。

このFM音源部の出力はデジタル出力であるため、外部にD／Aコンバーターが必要となります。

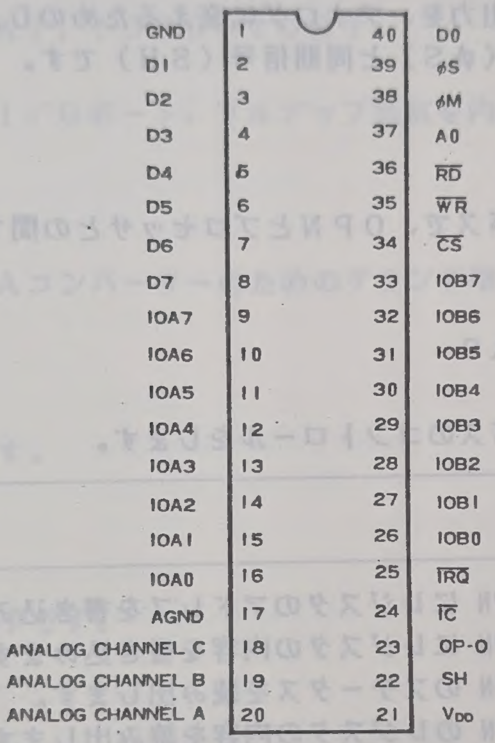
### b）SSG音源部

FM音源発生部とは別に3音同時発音可能な矩形波音を発生します。これにより、FM音源と合わせると計6音の発音が可能になります。この音源部では、FM音源と異なってD／Aコンバーターを内蔵しているために、アナログ出力となります。さらに、ここはYM2149（SSG）・AY−3−8910／8912（PSG）とコンパチブルと言うことで、2チャンネルの8ビットI／Oポートも、もちろんもっております。

c）タイマー

タイマーは２つもっております。これにより、キースイッチのスキャニングやテンポクロックなどの基準信号として利用できます。

## 2－4　端子配線図



## 2－5　端子の機能説明

A）φM

ＯＰＮのマスタークロックです。このクロックをもとに、ＦＭ音源・ＳＳＧ音源が動作します。入力できる最大周波数は分周器を用いることにより、４．２MHzまでです。

B）φＳ・ＳＨ

ＦＭ音源のデジタル出力を、アナログに変えるためのＤ／Ａコンバーターを、駆動するためのクロック（φＳ）と同期信号（ＳＨ）です。

C）Ｄ０～Ｄ７

８ビットの双方向性バスで、ＯＰＮとプロセッサとの間で、データのやりとりをします。

D）$\overline{\text{CS}}$・$\overline{\text{RD}}$・$\overline{\text{WR}}$・Ａ０

Ｄ０～Ｄ７のデータバスのコントロールをします。

| $\overline{\text{CS}}$ $\overline{\text{RD}}$ $\overline{\text{WR}}$ A0 | |
|---|---|
| 0 1 0 0 | OPN にレジスタのアドレスを書き込みます。 |
| 0 1 0 1 | OPN にレジスタの内容を書き込みます。 |
| 0 0 1 0 | OPN のステータスを読み出します。 |
| 0 0 1 1 | OPN のレジスタの内容を読み出します。 |
| 1 X X X | D0～D7は高インピーダンスになります。 |

E）$\overline{\text{IRQ}}$

２つのタイマーから出される割り込み信号。タイマーにプログラムされた時間が経過すると、ＬＯＷレベルになります。プログラムによりマスク可能です。

F）$\overline{\text{IC}}$

ＯＰＮのすべてのレジスタの内容をクリアします。

G）OP－0

ＦＭ変調されたオーディオ信号を１３ビットのシリアル・データとして出力します。この出力はＤ／Ａコンバータへ送られ、アナログ量に変換されます。

H）ANALOG　CHANNEL　A・B・C

ＳＳＧ部のオーディオ信号。ソースフォロワーになっているため、抵抗を用いてミキシングすることができます。

I）IOA0～IOA7，IOB0～IOB7

２つの８ビットＩ／Ｏポート、プルアップ抵抗を内蔵しています。

J）AGND

ＳＳＧ部のＤ／Ａコンバーターのためのグランド端子

K）GND

グランド端子です。

L）VDD

＋５Ｖの電源端子です。

## 2−6　バスコントロール

レジスターのアドレスやデータのリード・ライト等のデータバスのコントロールは、$\overline{CS}$・$\overline{WR}$・$\overline{RD}$・A０の各信号で行なわれます。この４種類の信号により、５つのモードが設定され、それは次の通りです。以下、各モードごとに信号のやりとりについて説明します。

表２−３　モード選択

| | $\overline{CS}$ | $\overline{WR}$ | $\overline{RD}$ | A0 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | \ | \ | \ | インアクティブ・モード |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | アドレス・ライト・モード |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | データ・ライト・モード |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | ステータス・リード・モード |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | データ・リード・モード |

a）インアクティブ・モード

CSが“1”レベルでいる場合、データバスＤ０〜Ｄ７は高インピーダンスになります。

b）アドレス・ライト・モード

この項以降、ＦＭ音源データ（アドレス＄２０〜＄Ｂ２）とＳＳＧ音源データ（アドレス＄００〜＄０Ｆ）のアクセスが少し異なります。これは、ＦＭデータの方は、入力クロックφＭに同期しているのに、ＳＳＧデータは非同期であるためです。

さて、アドレスを書き込む場合は、コントロール信号をアドレス・ライト・モードにセットし、その時データバスにデータをセットすれば、内部レジスタにアドレスがセットされます。これまでの操作は、ＦＭ／ＳＳＧとも同一ですが、コントロールがインアクティブモードへ移った時に違いが生じます。表１−２にその違いを示します。このようにＳＳＧ音源のみを使う方法では待ち時間は必要ありませんがＦＭだけ、あるいはＦＭ／ＳＳＧ共に音出しする使い方では、数サイクルから十数サイクルの待ち時間が必要です。

表２－４　アドレス・ライト後の待ち時間

| | 分周数*1 | 待ち時間*2 |
|---|---|---|
| ＦＭ音源部 | 2<br>3<br>6 | ４サイクル<br>９サイクル<br>１７サイクル |
| ＳＳＧ音源部 | － | ０サイクル |

*1： 3-2 （a-4）項参照。
*2： ｻｲｸﾙ数は入力ｸﾛｯｸの数

c）データ・ライト・モード

　コントロール信号をデータ・ライト・モードにセットすると、Ｄ０～Ｄ７上のデータを指定されたアドレス（アドレス・ライト・モードでセットした場所）に書き込みます。
ここでの、ＦＭとＳＳＧの違いは、表２－５の待ち時間と図２－２のデータセット時間の違いがあります。ＳＳＧの場合データ・ライト・モードに入る前にデータがセットされていなければなりません。但し、データ・ライト・モードに入った後にデータを変えた時は、データ・ライト・モードが切れる直前のデータをとります。この場合データを変えた前後で、セットするデータが異なりますので、周波数、エンベロープ、音量などの変更の場合には、クリック音が発生する可能性があります。

表２－５　データ・ライト後の待ち時間

| | 分周数 | 待ち時間 |
|---|---|---|
| ＦＭ音源部 | 2<br>3<br>6 | ２８サイクル<br>４２サイクル<br>８３サイクル |
| ＳＳＧ音源部 | － | ０サイクル |

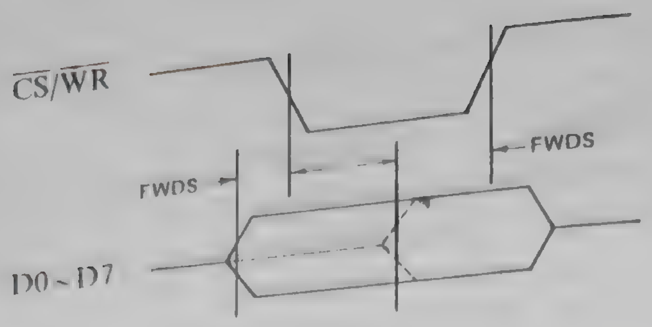



図２－２　データ・ライト時のデータセット

ｄ）ステータス・リード・モード

ステータス・リード・モードにコントロール信号をセットすると、ステータス・レジスタ内に蓄えられているステータス情報を出力します。

ｅ）データ・リード・モード

データ・リード・モードにコントロールをセットした場合、アドレスがＳＳＧ部（＄００～＄０Ｆ）にセットされていれば、ＳＳＧ部の指定されたレジスタのデータを出力します。しかし、ＦＭ部（＄２０～＄Ｂ２）を指定している場合は何がしかのデータが出されますが、その値には何の意味もありませんので御注意下さい。ＦＭ部のデータは読むことは出来ません。

## 2－7　FM音源部のチャンネルとスロットについて

FM音源部は3音（3チャンネル）の音を出すことが可能です。また1－3で説明したユニットを12（12スロット）まで計算出来ることになっています。そこで、以後3音と3チャンネルとは同意語として使い、FMの計算の1ユニットを1スロットと呼んで説明します。

FM変調は12スロット・3音ということから、1音あたり4スロットのFM計算を行ないます。そして、このFM計算は図3－2に示すような変調の組み合わせになります。S1で表わされる第一スロットは必ずfeedback　FMとなります。（帰還量を“0”とすることは出来ます。）多重FMも3重まで出来ることがわかります。

図2－3は、内部クロック（φSの 1/2の周波数）とスロットの関係を示します。

ΦINT

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Slot | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Slots per channel | 1 | | | 3 | | | 2 | | | 4 | | |
| Channel | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |

図2－3　チャンネルとスロットの関係

# OPN BLOCK DIAGRAM

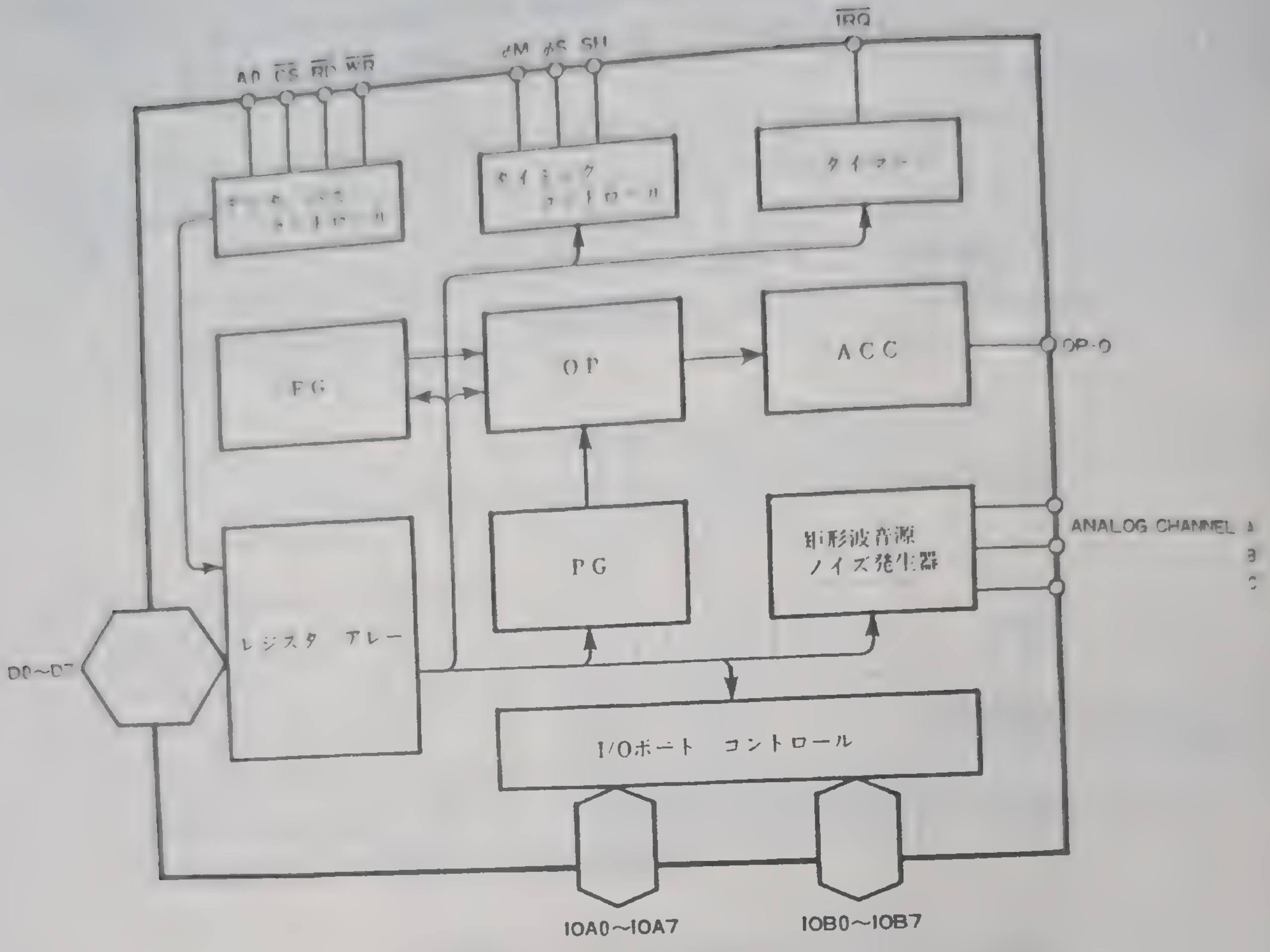



図2－1

※WRITE DATA

# OPN ADDRESS MAP－1

| ADDRESS | DATA | COMMENT |
|---|---|---|
| 21 | TEST | LSIのTEST-DATA |
| 24 | TIMER A | TIMER-Aの上位8bits |
| 25 | TIMER A | TIMER-Aの下位2bits |
| 26 | TIMER B | TIMER-BのDATA |
| 27 | MODE / RESET B A / ENABLE B A / LOAD B A | TIMER-A/BのControl 及び 3CHのMode |
| 28 | SLOT / CH | Key-ON/OFF |
| 2D | | プリスケーラーをSet |
| 2E | | ⅓、⅙分周の選択 |
| 2F | | 分周器を½分周にセット |
| 30 – 3E | DT / MULTI | Detune / Multiple (33,37,3BのAddressは無し) |
| 40 – 4E | TL | Total Level (43,47,4BのAddressは無し) |
| 50 – 5E | KS / AR | Key Scale / Attack Rate (53,57,5BのAddressは無し) |
| 60 – 6E | DR | Decay Rate (63,67,6BのAddressは無し) |
| 70 – 7E | SR | Sustain Rate (73,77,7BのAddressは無し) |
| 80 – 8E | SL / RR | Sustain Level / Release Rate (83,87,8BのAddressは無し) |
| 90 – 9E | SSG-EG | SSG-Type Envelop Control (93,97,9BのAddressは無し) |
| A0 A1 A2 | F-Num. 1 | F-Numbers / BLOCK |
| A4 A5 A6 | BLOCK / F-Num. 2 | |
| A8 A9 AA | 3CH ＊ F-Num 1 | 3CH-3slot F-Numbers / BLOCK |
| AC AD AE | 3CH＊ BLOCK / 3CH＊ F-Num. 2 | |
| B0 B1 B2 | FB / CONNECT | Self-Feedback / Connection |

表２－１

# OPN ADDRESS MAP-2

※READ WRITE DATA

| ADDRESS | DATA | COMMENT |
|---|---|---|
| 00 | Fine Tune | Channel A Tone Period |
| 01 | / Coarse Tune | |
| 02 | Fine Tune | Channel B Tone Period |
| 03 | / Coarse Tune | |
| 04 | Fine Tune | Channel-C Tone Deriod |
| 05 | / Coarse Tune | |
| 06 | / Period Control | Noise Period |
| 07 | IN/OUT IOB IOA \| /Noise \| /Tone | /ENABLE |
| 08 | / M \| Level | Channel-A Amplitude |
| 09 | / M \| Level | Channel-B Amplitude |
| 0A | / M \| Level | Channel-C Amplitude |
| 0B | Fine Tune | Envelop Period |
| 0C | Coarse Tune | |
| 0D | / C \| ATT \| ALT \| HLD | Envelop Shape,Cycle |
| 0E | I/O Port-A | I/O Port Date |
| 0F | I/O Port-B | |

※READ DATA

| ADDRESS | DATA | COMMENT |
|---|---|---|
| | BUSY \| / \| FLAG B A | Status |

表2-2

# 3　動作説明

## 3－1　ＯＰＮの構成

ブロック・ダイアグラムは、図２－１に示す通りの構成になっています。ＹＭ２２０３は、機能的にはＦＭ音源回路・ＳＳＧ音源・２つのタイマー及びタイミング発生器から構成されます。以下、これら構成要素について説明してゆきます。

## 3－2　　ＦＭ音源部

ＦＭ音源部は、ＦＭ音源をコントロールするデータのレジスタ（ＲＥＧ）・フェイズ・ジェネレータ（ＰＧ）・エンベロープ・ジェネレータ（ＥＧ）・ＦＭの演算を行なうオペレータ（ＯＰ）及び各スロットの和を求めるアキュムレータ（ＡＣＣ）から成り立っています。

### ａ）レジスタ（ＲＥＧ）

レジスタには、ＦＭ音源に対するレジスタと、ＳＳＧ音源に対するレジスタの２種があります。ここでは、ＦＭ音源に属するものについて説明します。ＳＳＧ音源については、３－３で説明します。

ＦＭ音源部のレジスタのエリアは、表２－１、２のアドレス・マップで示されるように＄２０から＄Ｂ２までの１４７バイトのなかで割りふられています。ここでいうアドレスとは、ＯＰＮ内で各レジスタに割りふられたサブ・アドレスであり、このアドレスのアサインはデータ・ビットＤ０～Ｄ７で行ないます。従って、あるレジスタにデータを書き込む場合には、データに先立ってサブ・アドレスのデータを送り、次にＦＭデータを送ることになります。サブ・アドレスについては、いったんあるアドレスを書き込むと、次にアドレスを書き換えるまで、そのアドレスは有効であり、同一のアドレスを何度もアクセスする場合は、アドレスの書き込みは最初に設定するだけで、その後については不要です。アドレスとＦＭデータの切り換えは、Ａ０入力で行なわれ、Ａ０＝“０”すなわちＬＯＷレベルのときは、データビットＤ０～Ｄ７上のデータはサブ・アドレスを意味し、Ａ０＝“１”すなわちＨｉｇｈレベルの時はＦＭデータとなります。この手法は、ＦＭ音源部のデータが書き込みだけしか出来ないのに対して、ＳＳＧ部ではレジスタの内容を読むことも出来るという点を除けば、ＳＳＧ部において同様にレジスタのアクセスを行なうことが出来ます。

尚、全レジスタとも初期設定（イニシャル・クリア：$\overline{\text{IC}}$端子＝“０”）のときに、オール０にされます。

（a－1）ＴＥＳＴ：ADDRESS [$21]

このアドレスは、本ＬＳＩをテストするために設けられたのであり、常に"0"レベルにしておかねばならない。

（a－2）ＴＩＭＥＲ

タイマーは２個持っており、１つは１０ビット・プリセッタブル・タイマー（ＴＩＭＥＲ－Ａ）で、もう１つは、８ビット・プリセッタブル・タイマー（ＴＩＭＥＲ－Ｂ）です。各タイマーは始動・停止及びフラグの制御が可能です。

（Ｉ）ＴＩＭＥＲ－Ａ：ADDRESS [$24]・[$25]

タイマーＡは、アドレス＄２４と＄２５の１０ビットから成り、この10ビットの値をプリセット値としてカウンターを動かします。そして、カウンターがオーバーフローを生じた時にタイマーＡのフラグを立て、同時にプリセット値をロードします。

タイマーＡは通常のタイマー機能以外にＣＳＭのコントロールとしても働きます。この場合は、オーバー・フローが生じた時のみ、チャンネル３の各スロットをＯＮにして、チャンネル３の全スロットの音を出します。これにより複合正弦波合成による音声合成が可能になります。

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ＄２４ | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ＄２５ | (unused) | D1 | D0 |

| | P9 | P8 | P7 | P6 | P5 | P4 | P3 | P2 | P1 | P0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ﾌﾟﾘｾｯﾄ・ﾃﾞｰﾀ | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | D1 | D0 |
| | $24 | | | | | | | | $25 | |

$$T_{OVA}(ms) = 12*(1024 - NA) / f_{FM}(kHz)$$

NA: $P9*2^9 + P8*2^8 + P7*2^7 + \cdots + P1*2^1 + P0$

$f_{FM}$: ﾌﾟﾘｽｹｰﾗｰの項参照

（例）$T_{OVA}(MAX) = 20.48ms$ （@ $f_{FM}$ = 600kHz）
$T_{OVA}(MIN) = 0.02ms$ （@ $f_{FM}$ = 600kHz）

（Ⅱ）ＴＩＭＥＲ－Ｂ：ADDRESS [$26]

タイマーＢは８ビットのプリセッタブル・タイマーであり、タイマーと同様にカウンタのオーバーフロー時にフラグを立てます。

| ＄２６ | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P7 | P6 | P5 | P4 | P3 | P2 | P1 | P0 |

$$T_{OVB}(ms) = 192*(256 - NB)/f_{FM}(kHz)$$

NB:　$P7*2^7+P6*2^6+\cdots+P1*2^1+P0$

$f_{FM}$:　プリスケーラーの項参照

（例）$T_{OVB}(MAX)$ = 81.92 ms（@ $f_{FM}$ = 600kHz）
　　　$T_{OVB}(MIN)$ = 0.32 ms（@ $f_{FM}$ = 600kHz）

（Ⅲ）タイマー・コントロール及びチャンネル３のＭＯＤＥ設定：ADDRESS [$27]

アドレス＄２７では、タイマーＡ、タイマーＢの始動・停止・フラグの制御をＤ０～Ｄ５のビットで行ないます。また、Ｄ６、Ｄ７の２ビットでチャンネル３のＭＯＤＥを決定します。

| ＄２７ | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

各ビットの意味

Ｄ０：タイマーＡの始動・停止の制御をします。このビットに“１”が立った時に、その立ち上りで、タイマーＡのプリセット値をロードしてタイマーＡを動かします。そして、このビットが“０”になるとタイマーＡは停止します。

Ｄ１：タイマーＢの始動・停止の制御ビットで、働きはタイマーＢに対してＤ０と同様なことを行ないます。

Ｄ２：このビットに“１”が立つと、タイマーＡのオーバーフローを受けて、Ａフラグに“１”を立てます。“０”の時はオーバーフローは受け付けません。

ます。

D3：このビットはタイマーBに対してD2と同一の働きをします。

D4：このビットに"1"が立つとAフラグをリセットします。ただし、このビットの"1"は保持されず、Aフラグをリセットすると、クリアされます。

D5：Bフラグをリセットします。リセットデータは保持されません。

D6，D7：この2ビットは上記のD0〜D5とは違った意味を持っており、チャンネル3のモードを設定します。（表3－1）

表3－1　MODE設定

| MODE | D6 | D7 | |
|---|---|---|---|
| 通常 | 0 | 0 | ﾁｬﾝﾈﾙ3は通常の発音ﾓｰﾄﾞです。F-Numberは $A2・$A6で指定されます。 |
| 効果音 | 1 | 0 | ﾁｬﾝﾈﾙ3のF-Numberは各ｽﾛｯﾄごとに指定できます。 1ｽﾛｯﾄは$A9・$AD、2ｽﾛｯﾄは $AA,$AE,3ｽﾛｯﾄは$A8・$AC のﾃﾞｰﾀを使います。 |
| 音声合成 | 0 | 1 | ﾁｬﾝﾈﾙ3のF-Numberは10の場合と同様ですが、MODEはCSM の音声合成ﾓｰﾄﾞとなり、ﾁｬﾝﾈﾙ3のKey-ON/OFFはﾀｲﾏｰA でｺﾝﾄﾛｰﾙされます。 |

(F-Number については(b-1) 参照)

（ａ－３）Ｋｅｙ－ＯＮ／ＯＦＦ：ADDRESS [$28]

このレジスタによって、ＦＭ１２スロットのＫｅｙ－ＯＮ／ＯＦＦがコントロールされます。レジスタの下位２ビットがチャンネルを指定します。そして上位４ビットが各チャンネルのスロットを指定できます。指定したチャンネル・スロットに“１”を立てるとＫｅｙ－ＯＮとなり、“０”を書き込むとＫｅｙ－ＯＦＦとなります。

| ＄２８ | D7 | D6 | D5 | D4 | | | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

表3-2-a ﾁｬﾝﾈﾙ 割り当て

| D1 | D0 | |
|---|---|---|
| 0 | 0 | ﾁｬﾝﾈﾙ 1 |
| 0 | 1 | ﾁｬﾝﾈﾙ 2 |
| 1 | 0 | ﾁｬﾝﾈﾙ 3 |

表3-2-b ｽﾛｯﾄ割り当て

| | |
|---|---|
| D4 | 第1 ｽﾛｯﾄのON/OFF |
| D5 | 第2 ｽﾛｯﾄのON/OFF |
| D6 | 第3 ｽﾛｯﾄのON/OFF |
| D7 | 第4 ｽﾛｯﾄのON/OFF |

（例）

| | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ﾁｬﾝﾈﾙ1の全ｽﾛｯﾄをON | 1 | 1 | 1 | 1 | * | * | 0 | 0 |
| ﾁｬﾝﾈﾙ2の全ｽﾛｯﾄをOFF | 0 | 0 | 0 | 0 | * | * | 0 | 1 |
| ﾁｬﾝﾈﾙ3の 1,2ｽﾛｯﾄのみON | 0 | 0 | 1 | 1 | * | * | 1 | 0 |

* はDON'T CARE

### （a－4）プリスケーラー機能：ADDRESS [$2D]・[$2E]・[$2F]

ここでは、FM・SSG各音源の周波数をコントロールします。この3つのアドレスに関しては、データビットはなく、アドレスを指定するだけです。分周数とアドレスの関係は表3－3のようになります。

表3－3　入力クロックと内部クロックの関係

| 2D | 2E | 2F | FM音源の分周数 | SSG 音源の分周数 | OPN に入力できる最大周波数 |
|---|---|---|---|---|---|
| － | － | A | 1／2 | 1／1 | 1．4MHz |
| A | － | － | 1／6 | 1／4 | 4．2MHz |
| A | A | － | 1／3 | 1／2 | 2．1MHz |

（ A はそのｱﾄﾞﾚｽ を入力し、－は入力しないことを意味する。）

このプリスケーラーの注意点として、初期設定時は、FM音源に対しては1/6・SSGに対しては1／4の分周数に設定されています。

### （a－5）DETUNE／MULTIPLE：ADDRESS [$30～$3E]　＊注

MULTIPLEはF-Numberと DETUNE で得られる位相情報に対して、表3－4で表わされるような倍率の情報であり、DETUNEはF-Numberにわずかの周波数ズレを与える情報で、表3－5にその値を示します。

$30～$3E

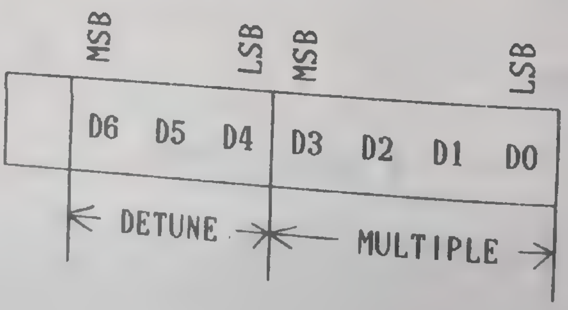


表3－4　倍率

| MULTIPLE情報 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 倍率 | 1/2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

注）DETUNE/MULTIPLE よりSSG-EGまでの 7種類のFM制御情報は各ｽﾛｯﾄごとに決めることができます。各ｱﾄﾞﾚｽ とｽﾛｯﾄ･ﾁｬﾝﾈﾙの対応は表3-6-a の通りです。表からもわかるように、ﾁｬﾝﾈﾙ とｱﾄﾞﾚｽ の下位 2ﾋﾞｯﾄが対応しているため、ｱﾄﾞﾚｽ の下位 2ﾋﾞｯﾄが"11"になることはありません。また、2ｽﾛｯﾄ と 3ｽﾛｯﾄの順序が逆になっています。

表3－6－a　アドレスとチャンネル・スロットの関係

| ADDRESS | ﾁｬﾝﾈﾙ | ｽﾛｯﾄ | ADDRESS | ﾁｬﾝﾈﾙ | ｽﾛｯﾄ |
|---|---|---|---|---|---|
| $*0 | 1 | 1 | $*8 | 1 | 2 |
| $*1 | 2 | 1 | $*9 | 2 | 2 |
| $*2 | 3 | 1 | $*A | 3 | 2 |
| $*4 | 1 | 3 | $*C | 1 | 4 |
| $*5 | 2 | 3 | $*D | 2 | 4 |
| $*6 | 3 | 3 | $*E | 3 | 4 |

（*は 3より 9までの値）

また、F-Number/BlockとSelf-Feedback/Connectionのデータはチャンネルごとに決められるものであり、そのデータは、対応する４スロットに共通です。アドレスとチャンネルの関係は次の通りです。

表3－6－b　アドレスとチャンネルの関係

| ADRESS | ﾁｬﾝﾈﾙ | ADRESS | ﾁｬﾝﾈﾙ | ADRESS | ﾁｬﾝﾈﾙ |
|---|---|---|---|---|---|
| $*0, $*4 | 1 | $*1, $*5 | 2 | $*2, $*6 | 3 |

（*はA あるいはB）

# 表3−5　DETUNE

| BLOCK | NOTE | FD=0 D-CENT | FD=1 | FD=2 | FD=3 | FD=0 D-FREQ | FD=1 | FD=2 | FD=3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 4.491 | 8.970 | 0.000 | 0.000 | 0.048 | 0.095 |
| 0 | 1 | 0.000 | 0.000 | 3.784 | 7.580 | 0.000 | 0.000 | 0.048 | 0.095 |
| 0 | 2 | 0.000 | 0.000 | 3.479 | 6.353 | 0.000 | 0.000 | 0.048 | 0.095 |
| 0 | 3 | 0.000 | 0.000 | 2.674 | 5.343 | 0.000 | 0.000 | 0.048 | 0.095 |
| 1 | 0 | 0.000 | 2.247 | 4.491 | 4.491 | 0.000 | 0.048 | 0.095 | 0.095 |
| 1 | 1 | 0.000 | 1.891 | 3.780 | 5.667 | 0.000 | 0.048 | 0.095 | 0.143 |
| 1 | 2 | 0.000 | 1.590 | 3.179 | 4.767 | 0.000 | 0.048 | 0.095 | 0.143 |
| 1 | 3 | 0.000 | 1.337 | 2.874 | 4.009 | 0.000 | 0.048 | 0.095 | 0.143 |
| 2 | 0 | 0.000 | 1.124 | 2.247 | 4.491 | 0.000 | 0.048 | 0.095 | 0.191 |
| 2 | 1 | 0.000 | 0.346 | 2.836 | 3.780 | 0.000 | 0.048 | 0.143 | 0.191 |
| 2 | 2 | 0.000 | 0.795 | 2.395 | 3.179 | 0.000 | 0.048 | 0.143 | 0.191 |
| 2 | 3 | 0.000 | 0.663 | 2.006 | 3.342 | 0.000 | 0.048 | 0.143 | 0.238 |
| 3 | 0 | 0.000 | 1.124 | 2.247 | 2.808 | 0.000 | 0.095 | 0.191 | 0.238 |
| 3 | 1 | 0.000 | 0.346 | 1.891 | 2.836 | 0.000 | 0.095 | 0.191 | 0.286 |
| 3 | 2 | 0.000 | 0.795 | 1.590 | 2.385 | 0.000 | 0.095 | 0.191 | 0.288 |
| 3 | 3 | 0.000 | 0.668 | 1.672 | 2.340 | 0.000 | 0.095 | 0.238 | 0.334 |
| 4 | 0 | 0.000 | 0.562 | 1.405 | 2.247 | 0.000 | 0.085 | 0.238 | 0.381 |
| 4 | 1 | 0.000 | 0.709 | 1.418 | 1.891 | 0.000 | 0.143 | 0.286 | 0.381 |
| 4 | 2 | 0.000 | 0.597 | 1.193 | 1.769 | 0.000 | 0.143 | 0.298 | 0.429 |
| 4 | 3 | 0.000 | 0.502 | 1.170 | 1.672 | 0.000 | 0.143 | 0.334 | 0.477 |
| 5 | 0 | 0.000 | 0.562 | 1.124 | 1.545 | 0.000 | 0.191 | 0.381 | 0.525 |
| 5 | 1 | 0.000 | 0.473 | 0.946 | 1.418 | 0.000 | 0.191 | 0.381 | 0.572 |
| 5 | 2 | 0.000 | 0.398 | 0.895 | 1.232 | 0.000 | 0.191 | 0.429 | 0.620 |
| 5 | 3 | 0.000 | 0.418 | 0.836 | 1.170 | 0.000 | 0.238 | 0.477 | 0.668 |
| 6 | 0 | 0.000 | 0.351 | 0.773 | 1.124 | 0.000 | 0.238 | 0.525 | 0.763 |
| 6 | 1 | 0.000 | 0.555 | 0.709 | 1.005 | 0.000 | 0.286 | 0.672 | 0.811 |
| 6 | 2 | 0.000 | 0.298 | 0.646 | 0.945 | 0.000 | 0.286 | 0.520 | 0.906 |
| 6 | 3 | 0.000 | 0.283 | 0.585 | 0.835 | 0.000 | 0.334 | 0.668 | 0.354 |
| 7 | 0 | 0.000 | 0.281 | 0.562 | 0.773 | 0.000 | 0.391 | 0.763 | 1.049 |
| 7 | 1 | 0.000 | 0.236 | 0.473 | 0.650 | 0.000 | 0.391 | 0.763 | 1.049 |
| 7 | 2 | 0.000 | 0.199 | 0.399 | 0.547 | 0.000 | 0.391 | 0.763 | 1.049 |
| 7 | 5 | 0.000 | 0.167 | 0.334 | 0.480 | 0.000 | 0.381 | 0.763 | 1.049 |

* DETUNEのMSB はｻｲﾝﾋﾞｯﾄ で、上記の値は下位 2ﾋﾞｯﾄによるものである。
* 上表はﾌﾟﾘｽｹｰﾗ・1/2, φM=1.2MHzである。任意の入力に対しては、表中の値をDaとするとD = Da＊ (1/2*1.2)／(PR*ｆM)である。PRはﾌﾟﾘｽｹｰﾗ 分周値 ｆM は入力周波数 (MHz)。

### (a－6) Ｔｏｔａｌ　Ｌｅｖｅｌ：ADDRESS [$40～$4E]

トータルレベルとは、エンベロープジェネレータの出力に対して、減衰量を加算し、変調度（音色）及び音量の制御をするために用いられます。減衰量は最小分解能を０．７５ｄＢとして、各ビットの重み付けは表３－７の通りです。

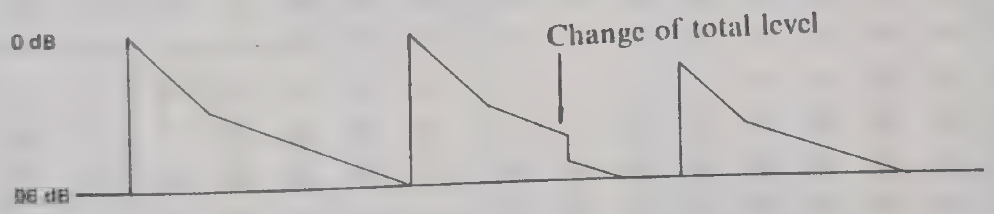
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ＄４０～＄４Ｅ | | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

表３－７　ﾄｰﾀﾙﾚﾍﾞﾙでの減衰量

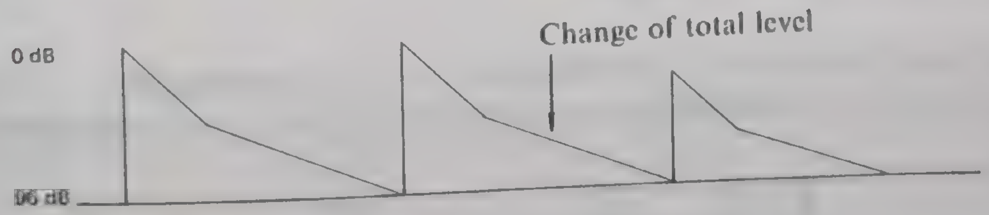
| | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 減衰量(dB) | 48 | 24 | 12 | 6 | 3 | 1.5 | 0.75 |

トータルレベルには、もう一つの働きがあります。それは、CSM のモードを選択した場合です。この時トータルレベルは３チャンネルの音（CSM 合成音）に対し、エンベロープのイニシャルレベルとなります。従って、エンベロープの途中でトータルレベルを変えても、エンベロープの減衰量は変化せず、次のキーオン時のレベルが変わります。

・通常のエンベロープ




・ＣＳＭモードのエンベロープ



## (a－7) Key－Scale／Attack Rate：ADDRESS [$50～$5E]

Key-Scale はエンベロープのRateを音程によって変化させるために設けられている。Key-Scaling 後のRateは次式によって表らわされます。式中のR は入力したRateであり、Rks はKey-Scaling 量でこの値は表３－８の通りです。

Rate = 2*R + Rks

( 但し、R=0 の場合はRate=0とする。)

表３－８ RateのKey－Scale

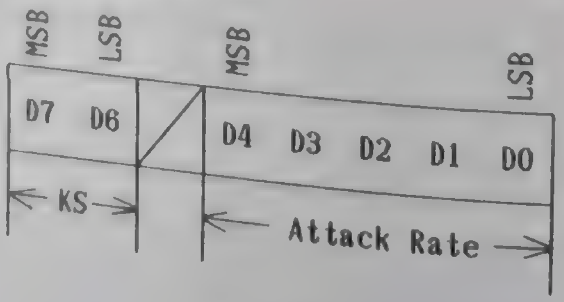
| KS \ Key－Code | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

| KS \ Key－Code | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 2 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 |
| 3 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |

Key-Codeについては(b-1) を参照

Attack Rate は音の立ち上りの時間を設定します。その時間は表３－９の通りです。尚、エンベロープの形状は(c) エンベロープ・ジェネレータの項を参照して下さい。

＄５０～＄５Ｅ



### (a－8) Decay Rate：ADDRESS [$60～$6E]

Decay 時のRateを設定します。その減衰時間は表３－９のDecay Timeの項を参照して下さい。

| | | MSB | | | | LSB |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ＄６０～＄６Ｅ | ／ | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

# 表3－9　各ＲＡＴＥでのエンベロープの時間

（下記RATEはRATEの値を上位 4ﾋﾞｯﾄと下位 2ﾋﾞｯﾄに分けて表現しています。＜例＞
11-3→47）

=== EG ATTACK TIME ===

| RATE | mSEC (0 dB – 96 dB) |
|---|---|
| 15 3 | 0.00 |
| 15 2 | 0.00 |
| 15 1 | 0.60 |
| 15 0 | 0.60 |
| 14 3 | 0.72 |
| 14 2 | 0.84 |
| 14 1 | 1.01 |
| 14 0 | 1.26 |
| 13 3 | 1.37 |
| 13 2 | 1.60 |
| 13 1 | 1.92 |
| 13 0 | 2.40 |
| 12 3 | 2.50 |
| 12 2 | 2.32 |
| 12 1 | 3.50 |
| 12 0 | 4.38 |
| 11 3 | 5.01 |
| 11 2 | 5.84 |
| 11 1 | 7.01 |
| 11 0 | 8.76 |
| 10 3 | 10.01 |
| 10 2 | 11.68 |
| 10 1 | 14.02 |
| 10 0 | 17.52 |
| 9 3 | 20.02 |
| 9 2 | 23.35 |
| 9 1 | 29.03 |
| 9 0 | 35.04 |
| 8 3 | 40.05 |
| 8 2 | 48.72 |
| 8 1 | 58.06 |
| 8 0 | 70.08 |
| 7 3 | 80.09 |
| 7 2 | 93.44 |
| 7 1 | 112.13 |
| 7 0 | 140.16 |
| 6 3 | 160.18 |
| 6 2 | 186.88 |
| 6 1 | 224.25 |
| 6 0 | 280.32 |
| 5 3 | 320.37 |
| 5 2 | 373.76 |
| 5 1 | 448.51 |
| 5 0 | 560.64 |
| 4 3 | 640.73 |
| 4 2 | 747.52 |
| 4 1 | 837.02 |
| 4 0 | 1121.28 |
| 3 3 | 1281.46 |
| 3 2 | 1495.04 |
| 3 1 | 1734.05 |
| 3 0 | 2242.56 |
| 2 3 | 2582.93 |
| 2 2 | 2990.08 |
| 2 1 | 3588.10 |
| 2 0 | 4485.12 |
| 1 3 | 5980.16 |
| 1 2 | 5980.16 |
| 1 1 | 8970.24 |
| 1 0 | 8970.24 |

=== EG DECAY TIME ===

| RATE | mSEC (0 dB – 96 dB) |
|---|---|
| 15 3 | 7.57 |
| 15 2 | 7.57 |
| 15 1 | 7.57 |
| 15 0 | 7.57 |
| 14 3 | 8.65 |
| 14 2 | 10.09 |
| 14 1 | 12.11 |
| 14 0 | 15.14 |
| 13 3 | 17.30 |
| 13 2 | 20.18 |
| 13 1 | 24.22 |
| 13 0 | 30.27 |
| 12 3 | 34.59 |
| 12 2 | 40.56 |
| 12 1 | 48.43 |
| 12 0 | 60.54 |
| 11 3 | 69.19 |
| 11 2 | 80.72 |
| 11 1 | 96.86 |
| 11 0 | 121.08 |
| 10 3 | 139.38 |
| 10 2 | 161.44 |
| 10 1 | 193.73 |
| 10 0 | 242.16 |
| 9 3 | 276.75 |
| 9 2 | 322.98 |
| 9 1 | 387.45 |
| 9 0 | 484.32 |
| 8 3 | 553.51 |
| 8 2 | 645.76 |
| 8 1 | 774.91 |
| 8 0 | 968.64 |
| 7 3 | 1107.02 |
| 7 2 | 1291.52 |
| 7 1 | 1549.82 |
| 7 0 | 1937.28 |
| 6 3 | 2214.03 |
| 6 2 | 2583.04 |
| 6 1 | 3099.65 |
| 6 0 | 3874.55 |
| 5 3 | 4428.07 |
| 5 2 | 5166.08 |
| 5 1 | 6199.30 |
| 5 0 | 7749.12 |
| 4 3 | 8856.14 |
| 4 2 | 10332.15 |
| 4 1 | 12398.59 |
| 4 0 | 15498.24 |
| 3 3 | 17712.27 |
| 3 2 | 20664.32 |
| 3 1 | 24797.19 |
| 3 0 | 30996.48 |
| 2 3 | 35424.55 |
| 2 2 | 41328.64 |
| 2 1 | 49534.37 |
| 2 0 | 51992.96 |
| 1 3 | 82657.28 |
| 1 2 | 82657.26 |
| 1 1 | 123985.92 |
| 1 0 | 123985.92 |

=== EG ATTACK TIME ===

| RATE | mSEC (10% – 90%) |
|---|---|
| 15 3 | 0.00 |
| 15 2 | 0.00 |
| 15 1 | 0.26 |
| 15 0 | 0.26 |
| 14 3 | 0.32 |
| 14 2 | 0.37 |
| 14 1 | 0.46 |
| 14 0 | 0.61 |
| 13 3 | 0.70 |
| 13 2 | 0.92 |
| 13 1 | 0.99 |
| 13 0 | 1.25 |
| 12 3 | 1.40 |
| 12 2 | 1.65 |
| 12 1 | 1.94 |
| 12 0 | 2.41 |
| 11 3 | 2.77 |
| 11 2 | 3.25 |
| 11 1 | 3.91 |
| 11 0 | 4.97 |
| 10 3 | 5.54 |
| 10 2 | 6.50 |
| 10 1 | 7.82 |
| 10 0 | 9.74 |
| 9 3 | 11.09 |
| 9 2 | 13.01 |
| 9 1 | 15.65 |
| 9 0 | 19.49 |
| 8 3 | 22.18 |
| 8 2 | 26.02 |
| 8 1 | 31.30 |
| 8 0 | 38.99 |
| 7 3 | 44.35 |
| 7 2 | 52.03 |
| 7 1 | 62.59 |
| 7 0 | 77.95 |
| 6 3 | 86.70 |
| 6 2 | 104.06 |
| 6 1 | 125.18 |
| 6 0 | 155.90 |
| 5 3 | 177.41 |
| 5 2 | 208.13 |
| 5 1 | 250.37 |
| 5 0 | 311.81 |
| 4 3 | 354.82 |
| 4 2 | 416.25 |
| 4 1 | 500.74 |
| 4 0 | 623.62 |
| 3 3 | 709.63 |
| 3 2 | 832.51 |
| 3 1 | 1001.47 |
| 3 0 | 1247.23 |
| 2 3 | 1419.26 |
| 2 2 | 1665.02 |
| 2 1 | 2002.94 |
| 2 0 | 2494.46 |
| 1 3 | 3330.05 |
| 1 2 | 3330.05 |
| 1 1 | 4688.91 |

=== EG DECAY TIME ===

| RATE | mSEC (10% – 90%) |
|---|---|
| 15 3 | 1.52 |
| 15 2 | 1.52 |
| 15 1 | 1.52 |
| 15 0 | 1.52 |
| 14 3 | 1.73 |
| 14 2 | 2.03 |
| 14 1 | 2.43 |
| 14 0 | 3.05 |
| 13 3 | 3.50 |
| 13 2 | 4.07 |
| 13 1 | 4.80 |
| 13 0 | 5.09 |
| 12 3 | 6.96 |
| 12 2 | 8.10 |
| 12 1 | 9.75 |
| 12 0 | 12.18 |
| 11 3 | 13.92 |
| 11 2 | 16.20 |
| 11 1 | 19.50 |
| 11 0 | 24.36 |
| 10 3 | 27.84 |
| 10 2 | 32.40 |
| 10 1 | 39.00 |
| 10 0 | 48.72 |
| 9 3 | 55.68 |
| 9 2 | 64.80 |
| 9 1 | 78.00 |
| 9 0 | 97.44 |
| 8 3 | 111.36 |
| 8 2 | 129.60 |
| 8 1 | 158.00 |
| 8 0 | 194.88 |
| 7 3 | 222.72 |
| 7 2 | 259.20 |
| 7 1 | 312.00 |
| 7 0 | 388.76 |
| 6 3 | 445.44 |
| 6 2 | 518.40 |
| 6 1 | 624.00 |
| 6 0 | 779.52 |
| 5 3 | 890.88 |
| 5 2 | 1036.80 |
| 5 1 | 1248.00 |
| 5 0 | 1559.04 |
| 4 3 | 1781.75 |
| 4 2 | 2073.60 |
| 4 1 | 2496.00 |
| 4 0 | 3118.08 |
| 3 3 | 3563.52 |
| 3 2 | 4147.20 |
| 3 1 | 4982.00 |
| 3 0 | 6236.16 |
| 2 3 | 7127.04 |
| 2 2 | 8234.40 |
| 2 1 | 9984.00 |
| 2 0 | 12472.32 |
| 1 3 | 16588.80 |
| 1 2 | 16588.80 |
| 1 1 | 24914.84 |

＊ ｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟは0dB で最大、96dBで最小となる。

＊ 上記時間は、ﾌﾟﾘｽｹｰﾗ1/2、入力周波数 1.2MHz の時の値である。任意のｸﾛｯｸに対しては　T = Ta*(1/2)*1.2/[PR*fM]である。Taは上記の値、PRはﾌﾟﾘｽｹｰﾗ 分周値、fMは入力ｸﾛｯｸ(MHz)

＊ RATE 0-0を入力した時はｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟは変化しない。

## (a－9) Sustain Rate：ADDRESS [$70～$7E]

Sustain 時のRateを与えます。その減衰時間は表３－９のDecay-Timeの項を参照して下さい。

| | | MSB | | | | LSB |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ＄７０～＄７Ｅ | ／ | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

## (a－１０) Sustain Level ／Release Rate：ADDRESS [$80～$8E]

Sustain Level はDecay-RateとSustain-Rateの切り換え点を与えます。その重みづけは表３－１０で表わされ、値は減衰量を示します。

表３－１０　ｻｽﾃｲﾝ･ﾚﾍﾞﾙと重み付け

| | D7 | D6 | D5 | D4 |
|---|---|---|---|---|
| 減衰量(dB) | 24 | 12 | 6 | 3 |

（但し、D4～D7がAll”1”の場合は93dBとなります。）

Release RateはKey-OFF の時のRateを与えます。但し、Release-RateはLSB が”1” に固定されているため、他のRateと異なって4 bitsしか入力できません。したがって、表３－９で減衰時間を調べる場合にはRateを入力した値に２倍し、且つ１を加えた値より算出して下さい。

| | | | | | MSB | | | LSB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ＄８０～＄８Ｅ | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| | ←Sustain Level→ | | | | ←Release Rate→ | | | |

## （a－１１）SSG-Type Envelop Control：ADDRESS [$90～$9E]

SSG-Type Envelopとは、後述のSSG 音源で作られるエンベロープと同一形状を与える機能です。この4bitsのデータ中、Ｄ３がこのタイプのエンベロープをとるか否かのスイッチとなっており、残り3bitsがデコードされ、図３－１の形状のエンベロープを発生します。

このエンベロープが使われた場合の注意点は、Rateの使い方が通常の場合とは異なっていることである。このモードでは、*パラメーターはDecay,Sustain,Release の各Rateです。この中でRelease RateはKey-OFF 時のみ有効であるのは、通常モードと変りありません。従って、Key-on中に音量が増加したり、減少したりする場合の制御は、Decay およびSustain の２つのRateでなされます。（音量の増加は減少の場合を逆に辿っていく形になります。）もう一つ通常モードと異なる点は減衰時間の違いです。これは表３－１１のように通常モードより変化は速くなっています。

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $９０～$９Ｅ | (unused) | D3 | D2 | D1 | D0 |

*1
Attack Rate は$1F に固定されていなければならず、他のﾊﾟﾗﾒｰﾀは、可変である。

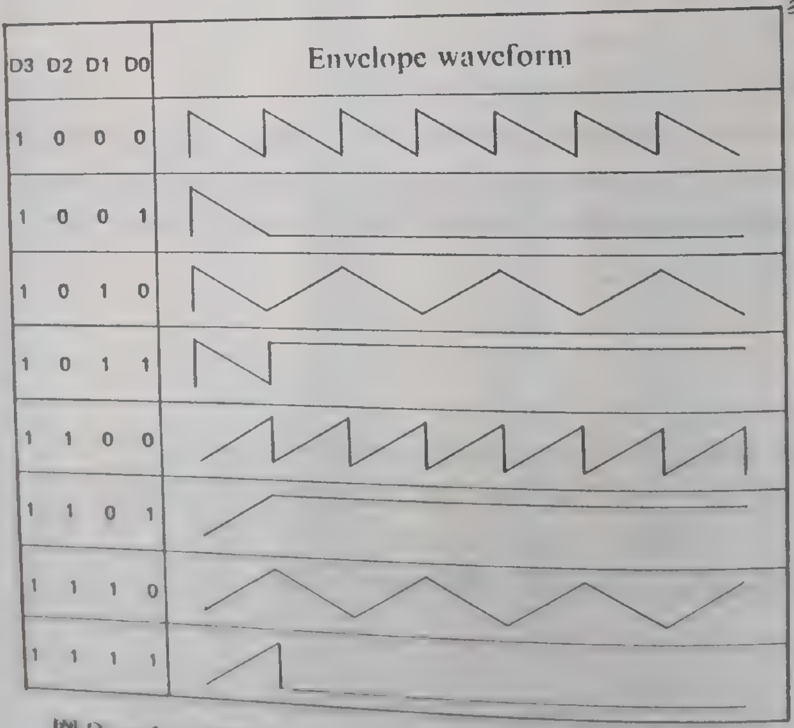



図３－１　SSG-Typeのエンベロープ

このｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟはｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟｼﾞｪﾈﾚｰﾀ 出力の波形であり、対数出力である。
OPN の出力ではﾘﾆｱ に変換されますので増減の傾きは変化します。

## 表3－１１　SSG Typeのｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟでの減衰時間

| === EG DECAY TIME === | |
|---|---|
| RATE | mSEC (0 – 95 dB) |
| 15 3 | 0.96 |
| 15 2 | 0.96 |
| 15 1 | 0.96 |
| 15 0 | 0.96 |
| 14 3 | 1.10 |
| 14 2 | 1.28 |
| 14 1 | 1.54 |
| 14 0 | 1.92 |
| 13 3 | 2.19 |
| 13 2 | 2.56 |
| 13 1 | 3.07 |
| 13 0 | 3.84 |
| 12 3 | 4.39 |
| 12 2 | 5.12 |
| 12 1 | 6.14 |
| 12 0 | 7.68 |
| 11 3 | 8.78 |
| 11 2 | 10.24 |
| 11 1 | 12.29 |
| 11 0 | 15.36 |
| 10 3 | 17.55 |
| 10 2 | 20.48 |
| 10 1 | 24.58 |
| 10 0 | 30.72 |
| 9 3 | 35.11 |
| 9 2 | 40.96 |
| 9 1 | 49.15 |
| 9 0 | 61.44 |
| 8 3 | 70.22 |
| 8 2 | 81.92 |
| 8 1 | 98.30 |
| 8 0 | 122.88 |
| 7 3 | 140.43 |
| 7 2 | 163.84 |
| 7 1 | 196.61 |
| 7 0 | 245.76 |
| 6 3 | 280.97 |
| 6 2 | 327.68 |
| 6 1 | 393.22 |
| 6 0 | 491.52 |
| 5 3 | 561.74 |
| 5 2 | 655.36 |
| 5 1 | 786.43 |
| 5 0 | 983.04 |
| 4 3 | 1123.47 |
| 4 2 | 1310.72 |
| 4 1 | 1572.86 |
| 4 0 | 1966.08 |
| 3 3 | 2246.95 |
| 3 2 | 2621.44 |
| 3 1 | 3145.73 |
| 3 0 | 3932.16 |
| 2 3 | 4493.90 |
| 2 2 | 5242.98 |
| 2 1 | 6291.46 |
| 2 0 | 7864.32 |
| 1 3 | 10485.76 |
| 1 2 | 10485.76 |
| 1 1 | 15728.64 |
| 1 0 | 15728.64 |

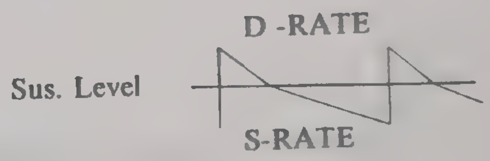
| === EG DECAY TIME --- | |
|---|---|
| RATE | mSEC (10%　90%) |
| 15 3 | 0.38 |
| 15 2 | 0.38 |
| 15 1 | 0.38 |
| 15 0 | 0.38 |
| 14 3 | 0.42 |
| 14 2 | 0.50 |
| 14 1 | 0.58 |
| 14 0 | 0.76 |
| 13 3 | 0.85 |
| 13 2 | 1.02 |
| 13 1 | 1.21 |
| 13 0 | 1.52 |
| 12 3 | 1.73 |
| 12 2 | 2.03 |
| 12 1 | 2.42 |
| 12 0 | 3.05 |
| 11 3 | 3.46 |
| 11 2 | 3.07 |
| 11 1 | 4.85 |
| 11 0 | 6.11 |
| 10 3 | 6.93 |
| 10 2 | 8.13 |
| 10 1 | 9.69 |
| 10 0 | 12.21 |
| 9 3 | 13.86 |
| 9 2 | 16.26 |
| 9 1 | 19.38 |
| 9 0 | 24.42 |
| 8 3 | 27.72 |
| 8 2 | 32.52 |
| 8 1 | 38.76 |
| 8 0 | 48.84 |
| 7 3 | 55.44 |
| 7 2 | 65.04 |
| 7 1 | 77.52 |
| 7 0 | 97.68 |
| 6 3 | 110.88 |
| 6 2 | 130.08 |
| 6 1 | 155.04 |
| 6 0 | 195.38 |
| 5 3 | 221.76 |
| 5 2 | 260.16 |
| 5 1 | 310.08 |
| 5 0 | 390.72 |
| 4 3 | 443.52 |
| 4 2 | 520.32 |
| 4 1 | 620.16 |
| 4 0 | 781.44 |
| 3 3 | 887.04 |
| 3 2 | 1040.54 |
| 3 1 | 1240.32 |
| 3 0 | 1562.88 |
| 2 3 | 1774.08 |
| 2 2 | 2081.28 |
| 2 1 | 2480.64 |
| 2 0 | 3125.76 |
| 1 3 | 4162.56 |
| 1 2 | 4162.56 |
| 1 1 | 6251.52 |
| 1 0 | 6251.52 |

SSG-Type EG を使った時の注意点としては、次の点です。

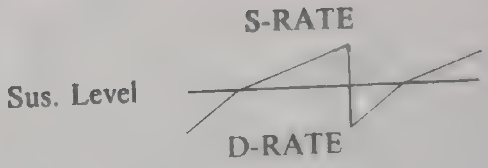
(1) ATTACK RATE は通常$1F にしなければなりませんが、$08,$09,$0B などは普通のｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟ時のRATEで変化します。その他のものについては十分な制御は出来ません。

(2) Decay Rate, Sustain Rate Sustain level はｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟが、UP時かDOWN時で異なりますので/\/ 波には用いない方がよいでしょう。

DOWN:

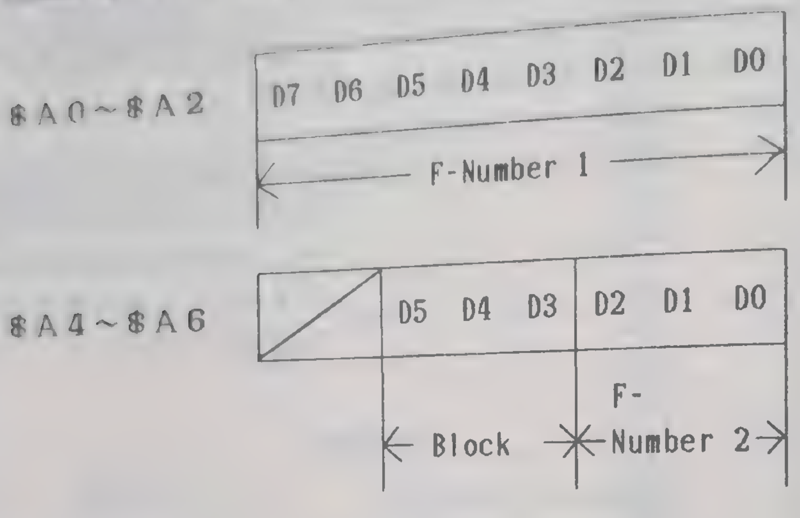



UP:



### (a－12) F-NumberとBlock データ：ADDRESS [$A0～ $A2,$A4～ $A6]

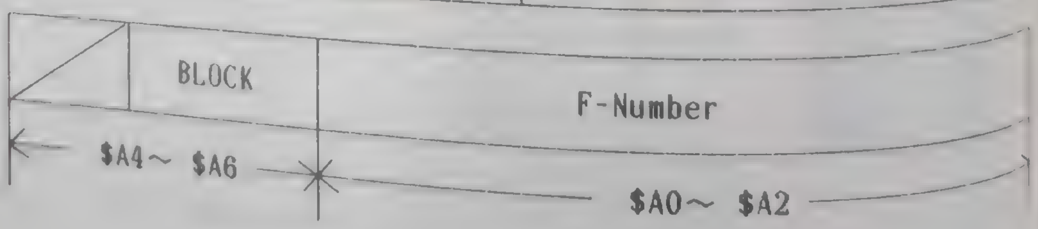
このアドレスでF-NumberとBlock のデータがセットされます。データをセットする場合の注意点としては、先ず最初にBlock とF-Numberの上位３ビット（F-Number 2）をセットし、次にF-Numberの下位８ビット（F-Number1 ）を入力します。F-NumberとBlock の内部レジスタへのレジスタへのローディングはF-Number 1がセットされた時のみ動作しますから、データの入力の順序が異なりますと、Block とF-Number 2のデータは違ったデータとなります。




（例）

音程データ（ @φM = 1.2 MHz ）

| | | | MSB | | LSB | MSB | | | | | | | | | | LSB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A4 | * | * | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | [illegible] |
| G7 | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | [illegible] |



## (a－13) 3チャンネルのF-NumberとBlock ：ADDRESS [$A8～ $AA,$AC～ $AE]

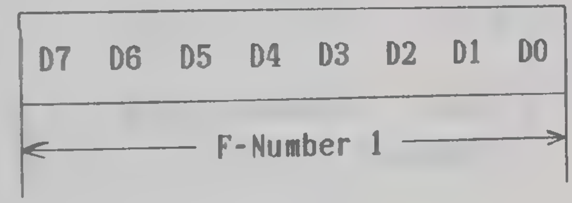
このアドレスでセットされるF-NumberとBlock は効果音モードや音声合成モードで使われるデータです。データセットの方法は（a－12）で述べた方法と同様で先にBlock, F-Number 2 のデータを、次にF-Number 1のデータをセットします。

ここでセットしたデータとスロットの関係は次のようになります。

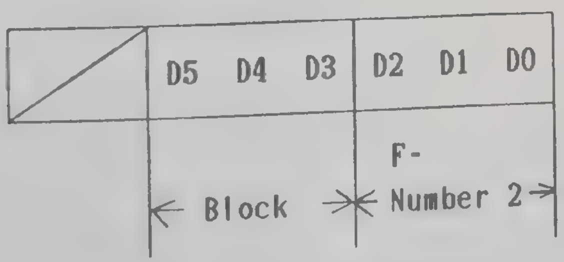
| ｽﾛｯﾄ番号 | F-Number／Block のｱﾄﾞﾚｽ |
|---|---|
| 1 | $A9, $AD |
| 2 | $AA, $AE |
| 3 | $A8, $AC |
| 4 | $A2, $A6 |

上記のスロットとアドレスとの関係は効果音モードと音声合成モードのときに適用されるのであって、通常モードでは全スロットとともも＄Ａ２と＄Ａ６のアドレスで与えられる。

＄Ａ８～＄ＡＡ




＄ＡＣ～＄ＡＥ



（a－１４）Self-Feedback ／Connection：ADDRESS [$B0～ $B2]

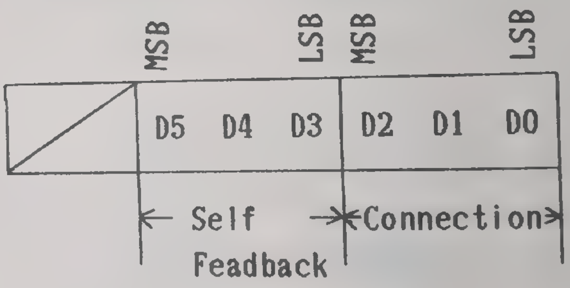
Self-Feedback というのは、各チャンネルの第一スロットの変調度を決めるデータである。つまり、第一スロットは自分自身の出力を変調信号としているため、その変調度合をこのデータで制御します。変調度は表３－１２に示す通りです。

表３－１２　変調度

| D3～D5 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 変調度 | OFF | π/16 | π/8 | π/4 | π/2 | π | 2π | 4π |

Connectionは４つのスロットをどのように変調波と被変調波に分け、どういうふうに組み合わせるかを指定するデータである。それらの組み合わせは全部で8つあり、図３－２にその構成を示します。

＄Ｂ０～＄Ｂ２



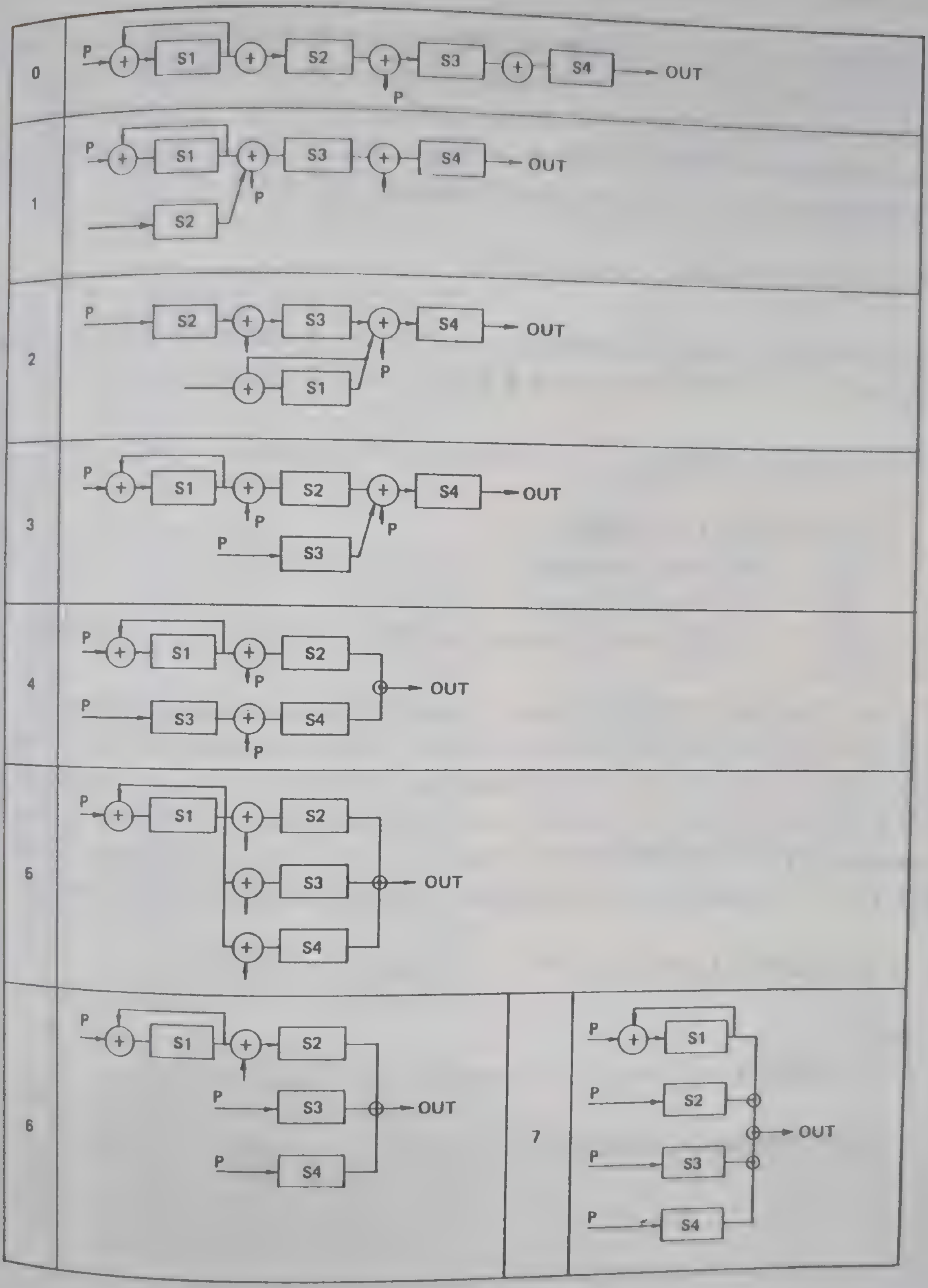



図３－２　ＦＭ変調の形態

（注）P は位相入力を表わし、S はSLOTを表わす。

## （b）フェイズ・ジェネレータ（ＰＧ）

フェイズ・ジェネレータは必要な周波数に応じた増分を単位時間（１DAC サイクル）ごとにアキュムレートして位相値を得る回路です。この増分はレジスタから送られてくる周波数情報（BLOCK/F-Number/Detune/Multiple）から作られます。4つある周波数情報の中で柱となるのは、F-Numberであり、これにより１オクターブ中の音程が決定されます。そこで、まずF-Numberから説明します。

### （ｂ－１）Ｆ－Ｎｕｍｂｅｒ／ＢＬＯＣＫ

位相の増分は、発音したい周波数と、入力クロック周波数（サンプリング時間）が決まると、すぐに求めることができます。これは次式になります。

$$\Delta P = f_{Mus} * 2^{20} / f_{SAM} \quad , \quad f_{SAM} = f_M / (12*n) \qquad n=2,3,6$$

fMus ：発音したい周波数
fSAM ：サンプリング周波数
fM ：入力クロック周波数
n ：プリスケーラコントロールで得られる定数［（ａ－４）参照］

これで位相の増分は求まりますが、この増分を管理するのはビット数が多くて、大変です。そこで、増分は１オクターブ分のデータのみを管理できるビット数に制限し、指定したオクターブごとにその増分をシフトすることにより、位相を求めることとします。これにより、オクターブ情報の指定をBlock データに、増分をF-Numberに入力すれば全音域をカバーできることになります。以上の操作とF-Numberを１１ビットで表現することにしたため、結局F-Numberは次式で求められる。

$$F = (f_{Mus} * 2^{20} / f_{SAM}) / 2^{b-1}$$（bはｵｸﾀｰﾌﾞ・ﾃﾞｰﾀ）

（例）

３．６ＭＨｚの入力クロックでＡ４(440Hz)のF-Numberを求める。

$$F_{A4} = (440*2 / 50000) / 2^{4-1} = 1153$$（誤差　-0.65ｾﾝﾄ）

## 表3－13　FM音源の内部ｸﾛｯｸとF-Number

| MASTER CLOCK | FREQ (KHZ) = 700 | |
|---|---|---|
| FREQ = 277.2 | F NUMBER = 622.8 | 01001101110 |
| FREQ = 293.7 | F NUMBER = 659.9 | 01010010011 |
| FREQ = 311 1 | F NUMBER = 699.1 | 01010111011 |
| FREQ = 329.6 | F NUMBER = 740.7 | 01011100100 |
| FREQ = 349.2 | F NUMBER = 784.7 | 01100010000 |
| FREQ = 370 0 | F NUMBER = 831.4 | 01100111111 |
| FREQ = 392.0 | F NUMBER = 880.8 | 01101110000 |
| FREQ = 415.3 | F NUMBER = 933.2 | 01110100101 |
| FREQ = 440 0 | F NUMBER = 988.7 | 01111011100 |
| FREQ = 466 2 | F NUMBER = 1047.4 | 10000010111 |
| FREQ = 493 9 | F NUMBER = 1109.7 | 10001010101 |
| FREQ = 523 3 | F NUMBER = 1175.7 | 10010010111 |

| MASTER CLOCK | FREQ (KHZ) = 667 | |
|---|---|---|
| FREQ = 277.2 | F NUMBER = 653.6 | 01010001101 |
| FREQ = 293 7 | F NUMBER = 692.5 | 01010110100 |
| FREQ = 311 1 | F NUMBER = 733 7 | 01011011101 |
| FREQ = 329 6 | F NUMBER = 777.3 | 01100001001 |
| FREQ = 349.2 | F NUMBER = 823.5 | 01100110111 |
| FREQ = 370 0 | F NUMBER = 872.5 | 01101101000 |
| FREQ = 392 0 | F NUMBER = 924.4 | 01110011100 |
| FREQ = 415.3 | F NUMBER = 979.3 | 01111010011 |
| FREQ = 440 0 | F NUMBER = 1037.6 | 10000001101 |
| FREQ = 466 2 | F NUMBER = 1099.3 | 10001001011 |
| FREQ = 493.9 | F NUMBER = 1164.6 | 10010001100 |
| FREQ = 523.3 | F NUMBER = 1233.9 | 10011010001 |

| MASTER CLOCK | FREQ (KHZ) = 600 | |
|---|---|---|
| FREQ = 277.2 | F NUMBER = 726.6 | 01011010110 |
| FREQ = 293.7 | F NUMBER = 769.8 | 01100000001 |
| FREQ = 311.1 | F NUMBER = 815.6 | 01100101111 |
| FREQ = 329.6 | F NUMBER = 864 1 | 01101100000 |
| FREQ = 349.2 | F NUMBER = 915.5 | 01110010011 |
| FREQ = 370.0 | F NUMBER = 969.9 | 01111001001 |
| FREQ = 392.0 | F NUMBER = 1027.6 | 10000000011 |
| FREQ = 415.3 | F NUMBER = 1088.7 | 10001000000 |
| FREQ = 440.0 | F NUMBER = 1153.4 | 10010000001 |
| FREQ = 466.2 | F NUMBER = 1222.0 | 10011000110 |
| FREQ = 493.9 | F NUMBER = 1294.7 | 10100001110 |
| FREQ = 523.3 | F NUMBER = 1371.7 | 10101011011 |

| MASTER CLOCK | FREQ (KHZ) = 500 | |
|---|---|---|
| FREQ = 277.2 | F NUMBER = 871.9 | 01101100111 |
| FREQ = 293.7 | F NUMBER = 923.8 | 01110011011 |
| FREQ = 311.1 | F NUMBER = 978.7 | 01111010010 |
| FREQ = 329.6 | F NUMBER = 1036.9 | 10000001100 |
| FREQ = 349.2 | F NUMBER = 1098.6 | 10001001010 |
| FREQ = 370.0 | F NUMBER = 1163 3 | 10010001011 |
| FREQ = 392.0 | F NUMBER = 1233 1 | 10011010001 |
| FREQ = 415.3 | F NUMBER = 1306.4 | 10100011010 |
| FREQ = 440.0 | F NUMBER = 1384 1 | 10101101000 |
| FREQ = 466.2 | F NUMBER = 1466.4 | 10110111010 |
| FREQ = 493.9 | F NUMBER = 1553.6 | 11000010001 |
| FREQ = 523.3 | F NUMBER = 1646.0 | 11001101110 |

| MASTER CLOCK | FREQ (KHZ) = 402 | |
|---|---|---|
| FREQ = 277.2 | F NUMBER = 1084.5 | 10000111100 |
| FREQ = 293.7 | F NUMBER = 1149.0 | 10001111100 |
| FREQ = 311.1 | F NUMBER = 1217.3 | 10011000001 |
| FREQ = 329.6 | F NUMBER = 1289.7 | 10100001001 |
| FREQ = 349.2 | F NUMBER = 1366 4 | 10101010110 |
| FREQ = 370.0 | F NUMBER = 1447.6 | 10110100111 |
| FREQ = 392.0 | F NUMBER = 1533.7 | 10111111101 |
| FREQ = 415 3 | F NUMBER = 1624.9 | 11001011000 |
| FREQ = 440.0 | F NUMBER = 1721.5 | 11010111001 |
| FREQ = 466.2 | F NUMBER = 1823.9 | 11100011111 |
| FREQ = 493.9 | F NUMBER = 1932.4 | 11110001100 |
| FREQ = 523.3 | F NUMBER = 2047 3 | 11111111111 |

表３－１３はいろんなクロック周波数（FM音源部の周波数）でのＣ４＃～Ｃ5（注）の１２音のF-Numberを求めたものである。

注　ここでのF-NumberはＣ４＜ｆMus ≦Ｃ5となる周波数を１ｵｸﾀｰﾌﾞ内のﾃﾞｰﾀとしたため、Ｃ5についての計算は先の式の 2倍としている。

さて、次にKey-Scale を行なう時に問題となる１オクターブ内の分割について少し説明します。Key-Scale は通常１オクターブ内を４分割（３音ずつの組）して行なうことが多いが、F-Numberを用いると一定のセントで分割することは困難となります。そこでOPNではF-Numberの上位４ビットをデータとして分割を行なっています。但し、この方法では入力周波数によって分割が異なります。

＊1オクターブ内の周波数分割

$N4 = F11$

$N3 = F11 \cdot (F10 + F9 + F8) + \overline{F11} \cdot F10 \cdot F9 \cdot F8$

以上の操作で得たN4、N3の2ビットとオクターブデータの3ビットの計5ビットでKey-Scale を行ないます。

| | Block | | | Note | |
|---|---|---|---|---|---|
| | B3 | B2 | B1 | N4 | N3 |
| Block, Note を分離した重み付け | D2 | D1 | D0 | D1 | D0 |
| Block, Note をまとめた場合の重み付け | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

(b－2) Detune／Multiple

レジスタの項でも説明したように、Detuneは与えられたF-Numberに対して表3-5のような周波数変位を与えるために、周波数に応じた定数を加算あるいは減算します。またMultipleはDetuneの操作を受けたF-Numberに指定された倍率を乗ずる働きをします。

(b－3) アキュムレーター

Detune及びMultipleの回路を通ったF-Numberを累積加算し、その結果をオペレータに送ります。このアキュムレータは加算のみを行ない、オーバーフローが生じても無視します。これは、オーバーフローが起こったことは弧度法でいう2πを通過したにすぎないからです。

(c) エンベロープ・ジェネレータ（ＥＧ）

エンベロープ・ジェネレータ（以下ＥＧ）はＡ・Ｄ・Ｓ・Ｒの各RATE，Sustain Level,Total Level 等でコントロールされ、音色・音量の経時変化を与えます。そしてダイナミックレンジは９６dBあります。ＥＧは対数表示であり、また減衰量で表わされます。その一般的な波形は図３－３の通りです。この波形で特徴的なのはアタック時は指数関数的に変化しそれ以外は直線的に変化します。またアタックからディケイへの切り換えは0dB に到達した時に起こりディケイからサスティンは、サスティン　レベルに至った時、そして、リリースへの移行はKey がOFF された時に起こります。さらにトータルレベルを使った場合はその値をＥＧに加えることになり図３－３で示される波形を全体的に下へさげる働きをします。

ＥＧの出力は、オペレータへ転送され、フェイズ・ジェネレータの出力とミックスされます。

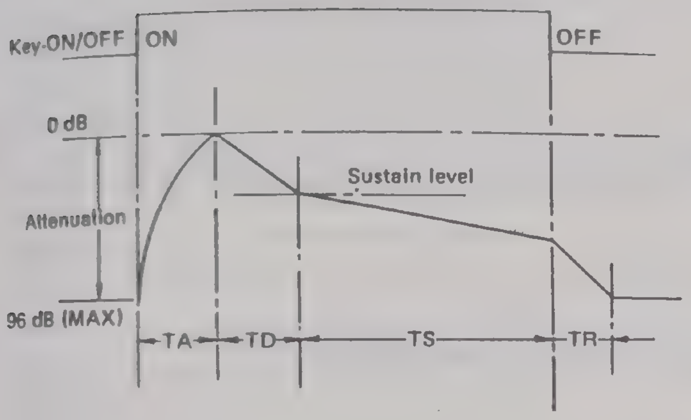



図３－３　エンベロープの波形

## (d) オペレータ（OP）とアキュムレータ（ACC）

オペレータはFM演算を行なう回路です。オペレータではフェイズ・ジェネレータからの位相出力をもとに、SIN の値を計算し、これにエンベロープ・ジェネレータ出力を掛け合わせます。この結果を変調波であれば、オペレータの入力へ返し、楽音であればアキュムレータへ送ります。この転送を制御するのがSelf-Feedback Connectionの各データです。

アキュムレータは各チャンネルのオペレータ出力を累積加算します。さらに、この加算結果を仮数部10ビット（サインビットを含む）・指数部3ビットのオフセットバイナリーへデータ変換を行ない、LSB より図3－4のように出力します。

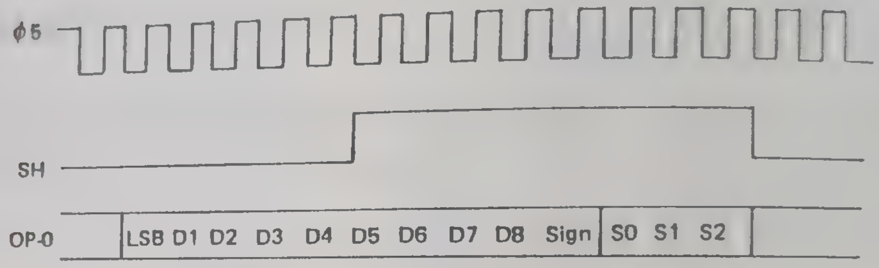
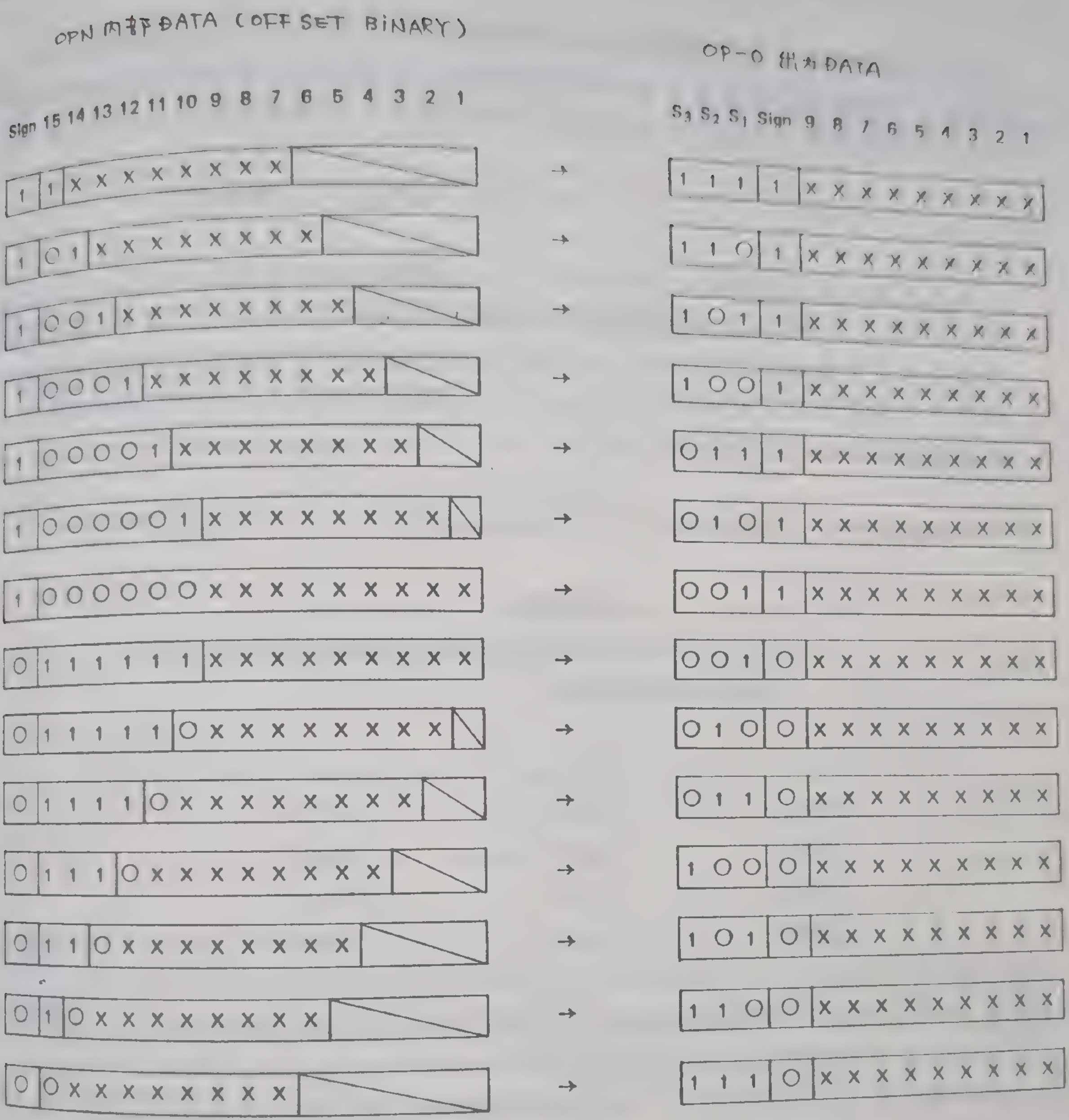



図3－4－a　出力タイミング

図3-4-b　DATAの形式



## 3－3　SSG音源部

SSG音源部はDACを内蔵した音源であり、そのレジスタアレーにデータを書き込むだけで楽音を発生します。SSG内部のレジスタアレーはFM音源部と異なり、READ/WRITEが可能です。以下、各レジスタごとにその機能を説明してゆきます。

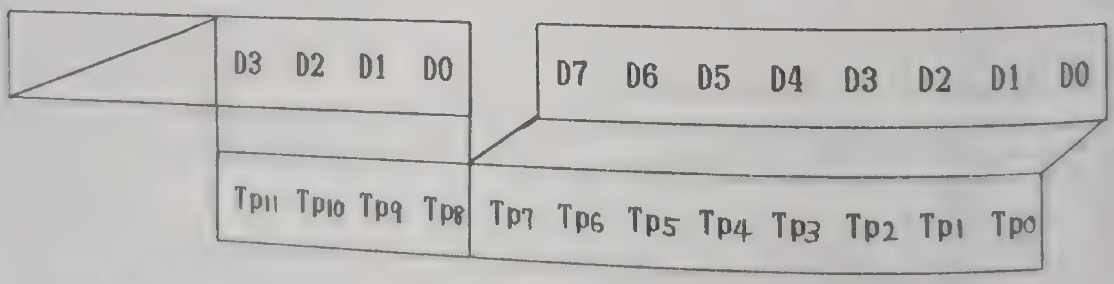
### a）トーン・ジェネレータ・コントロール：ADDRESS [$00～$05]

SSG部もFM音源部と同様に3チャンネルの楽音を発生することができます。この3チャンネルの楽音の周波数を設定するのがこのレジスタです。楽音周波数は12ビットで構成されるため、1チャンネルにつき2つのアドレスを必要とし、そのビットの対応は下記の通りです。また、発信周波数は次式で求められます。尚、出力波形は1：1の矩形波です。

ftone＝fm／(8*n*Tp)　　　n=1,2,4

fm　：入力クロック周波数
n　：プリスケーラ・コントロールで定められる定数
TP　：発信周波数設定値

| ｱﾄﾞﾚｽ | ﾁｬﾝﾈﾙ | ｱﾄﾞﾚｽ |
|---|---|---|
| [$01] | A | [$00] |
| [$03] | B | [$02] |
| [$05] | C | [$04] |




（注）この分周においてTp=0とTp=1は同一値となります。

### b) ノイズ・ジェネレータ・コントロール：ADDRESS [$06]

ノイズ源は系列長（２　－１）の疑似ランダムノイズです。そして、この系列の発生をコントロールするのがこのレジスタの働きです。系列発生周期（ノイズ周波数）はレジスタの下位５ビットで決められ、次式で求めることが出来ます。

$f_N = f_M / (8*n*Np)$　　　　n=1,2,4

ｆＭ ：入力クロック周波数
　ｎ ：プリスケーラ・コントロール設置値
ＴＰ ：ノイズ周波数設定値

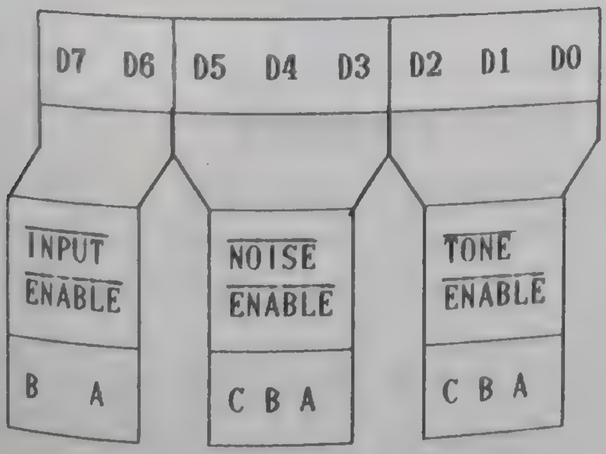
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ＄０６ | (unused) | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| | | | | | | |
| | | Np4 | Np3 | Np2 | Np1 | Np0 |

(注) この分周においてNp=0とNp=1は同一値となります。

### c) ミキサー・Ｉ／Ｏコントロール：ADDRESS [$07]

このレジスタは３つのノイズ／トーン・ミキサーと２つの汎用Ｉ／Ｏポートのコントロールをします。ミキサーは３つのチャンネル毎に、ノイズとトーン共に出力するのか、いずれか一方だけを出力するのか、あるいは両方とも出力しないのかをビット０～５で制御します。（データ“０”で発音します。）また、２つのＩ／Ｏポートの入出力制御はビット６と７でなされます。（データ“０”でＩＮＰＵＴです。）

＄０７



d）振幅コントロール：ADDRESS [$08～$0A]

A，B，C３つのチャンネルに対応するＤ／Ａコンバータの振幅は、このレジスタによって決められます。レジスタのビット４が振幅のモードを決めるデータとなっており、“０”のとき固定振幅モードとなり、残りの４ビットで決められる値をとります。また“１”の場合は可変振幅モードとなり、後述するエンベロープ・コントロールの出力で決まる振幅となります。尚、Ｄ／Ａコンバータは、入力5ビットの能力をもっており、固定振幅モード時の４ビットの振幅データは、Ｄ／Ａコンバータの入力上位４ビットに対応します。

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ＄０８～＄０Ａ | ／ | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| | | ﾓｰﾄﾞ指定 | ← 振幅ﾃﾞｰﾀ → | | | |

e）エンベロープ・ジェネレータ・コントロール：ADDRESS [$0B～$0D]

変化のあるエンベロープを発生するために、２つのエンベロープ・コントロールがあります。その１つは、アドレス＄０Ｂと＄０Ｃで定められるエンベロープ周波数を制御することであり、もう１つはアドレス＄０Ｄのエンベロープの形状を制御することです。

まず、エンベロープ周波数について説明します。指定されたアドレスの2バイト１６ビットのデータで入力周波数を分周することにより、エンベロープ周波数は求まります。それは次式で与えられます。

$$fE = fM / (128*n*Ep) \quad n=1,2,4 \quad , EP = 256*CT + FT$$

fM ：入力クロック周波数
n ：プリスケーラ・コントロール設定値
CT ：$0C で与えられるｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟ周期設定値
FT ：$0B で与えられるｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾟ周期設定値

このエンベロープを作るカウンタの上位５ビットがＤ／Ａコンバータへ送られ、振幅データとなります。

| $0B | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| $F_{T7}$ | $F_{T6}$ | $F_{T5}$ | $F_{T4}$ | $F_{T3}$ | $F_{T2}$ | $F_{T1}$ | $F_{T0}$ |

| $0C | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| $G_{T7}$ | $G_{T6}$ | $G_{T5}$ | $G_{T4}$ | $G_{T3}$ | $G_{T2}$ | $G_{T1}$ | $G_{T0}$ |

MSB　　　　　　　　　　　　　　　　LSB

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $G_{T7}$ | $G_{T6}$ | $G_{T5}$ | $G_{T4}$ | $G_{T3}$ | $G_{T2}$ | $G_{T1}$ | $G_{T0}$ | $F_{T7}$ | $F_{T6}$ | $F_{T5}$ | $F_{T4}$ | $F_{T3}$ | $F_{T2}$ | $F_{T1}$ | $F_{T0}$ |

次にエンベロープの形状について説明します。先に述べたようにエンベロープはエンベロープ・カウンタの上位５ビットで決まります。従ってここでコントロールするのは、この上位５ビットのカウントの方法ということになります。アドレス$0Dの下位４ビットがこれを決定します。各ビットの機能は次のように定義されそれらの組み合わせにより、図３－５で与えられるエンベロープの形状が得られます。

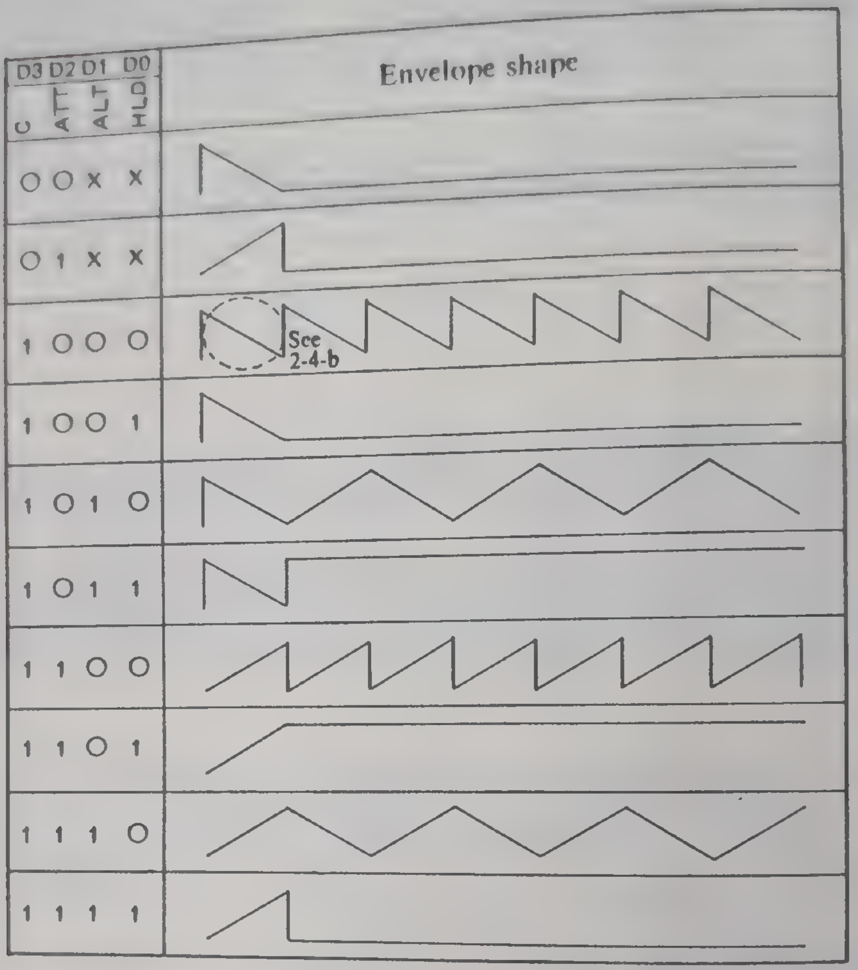
| $0D | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | D3 | D2 | D1 | D0 |
| | C | ATT | ALT | HLD |

C：“1”にセットされた時はHLD のデータで定められる状態になり、“0”の場合は、エンベロープ・ジェネレータは１サイクル経過後ALL “0”にリセットされる。

ATT：“1”にセットされた時はエンベロープ・ジェネレータはALL “0”からALL “1”へカウント・アップし、“0”であればALL “1”からALL “0”へカウント・ダウンする。

ALT：“1”にセットされた時は、各サイクルごとにエンベロープ・カウントの方向を逆転する。

HOLD：“1”の時は、エンベロープ・カウンタを1サイクル・カウントした後、カウンタの最終値をホールドする。ただし、ALT も“1”の時は、直前のサイクルの初期カウント値にリセットされる。




X: Don't care

図3－5－a　SSG 部のｴﾝﾍﾞﾛｰﾌﾞ波形

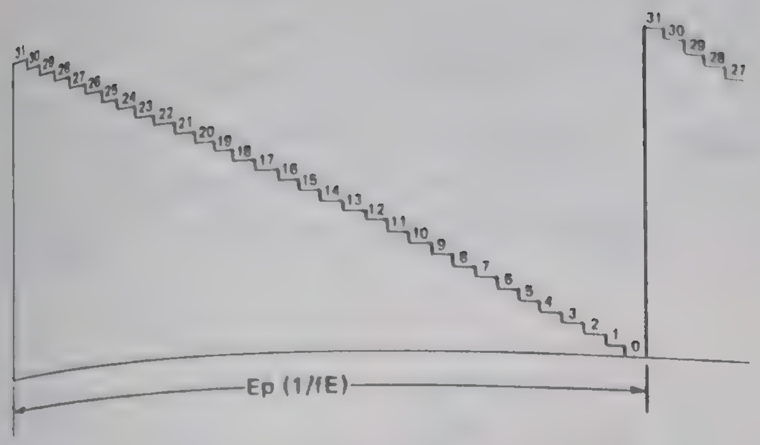



図3－5－b　1000ﾃﾞｰﾀの詳細

### f）I／Oポート：ADDRESS [$0E, $0F]

このレジスタは８ビットのI／Oポートです。アドレス＄０Eが IOA に＄０Fが IOB に割り当てられています。これらのポートの入出力の指定はアドレス＄０７のレジスタのD６（IOA ），D７（IOB ）のデータによって決められます。従って IOA ポートを入力（出力）として使用する場合はあらかじめアドレス＄０７のD６［IOB の場合はD７］に“0”（“1”）を書き込んでいなければなりません。尚、出力モードとして使用した場合、レジスタにロードされたデータは、そのデータを書き換えるか、又はシステムリセット（IC＝“0”レベルにする。）をかけるか、あるいはポートを入力ポートに変更するかしないと、そのデータは出力ポートに留まり続けます。

| ＄０E | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | IOA7 | IOA6 | IOA5 | IOA4 | IOA3 | IOA2 | IOA1 | IOA0 |

| ＄０F | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | IOB7 | IOB6 | IOB5 | IOB4 | IOB3 | IOB2 | IOB1 | IOB0 |

### g）D／Aコンバータ

内蔵されたD／Aコンバータはリニアなステップではなく、図３－６のように対数ステップとなっています。これにより、広いダイナミックレンジと自然な減衰感が得られるようになります。このD／Aコンバータは、A，B，Cのチャンネル毎に内蔵されており、各チャンネルでは、振幅コントロールより送られてくる音量レベルと“0”レベルとをミキサーからの出力信号（ノイズと楽音）によって切り換えて出力します。

尚、各チャンネルの出力は、ソース・フォロワーとなっていますので、終端抵抗が必要です。

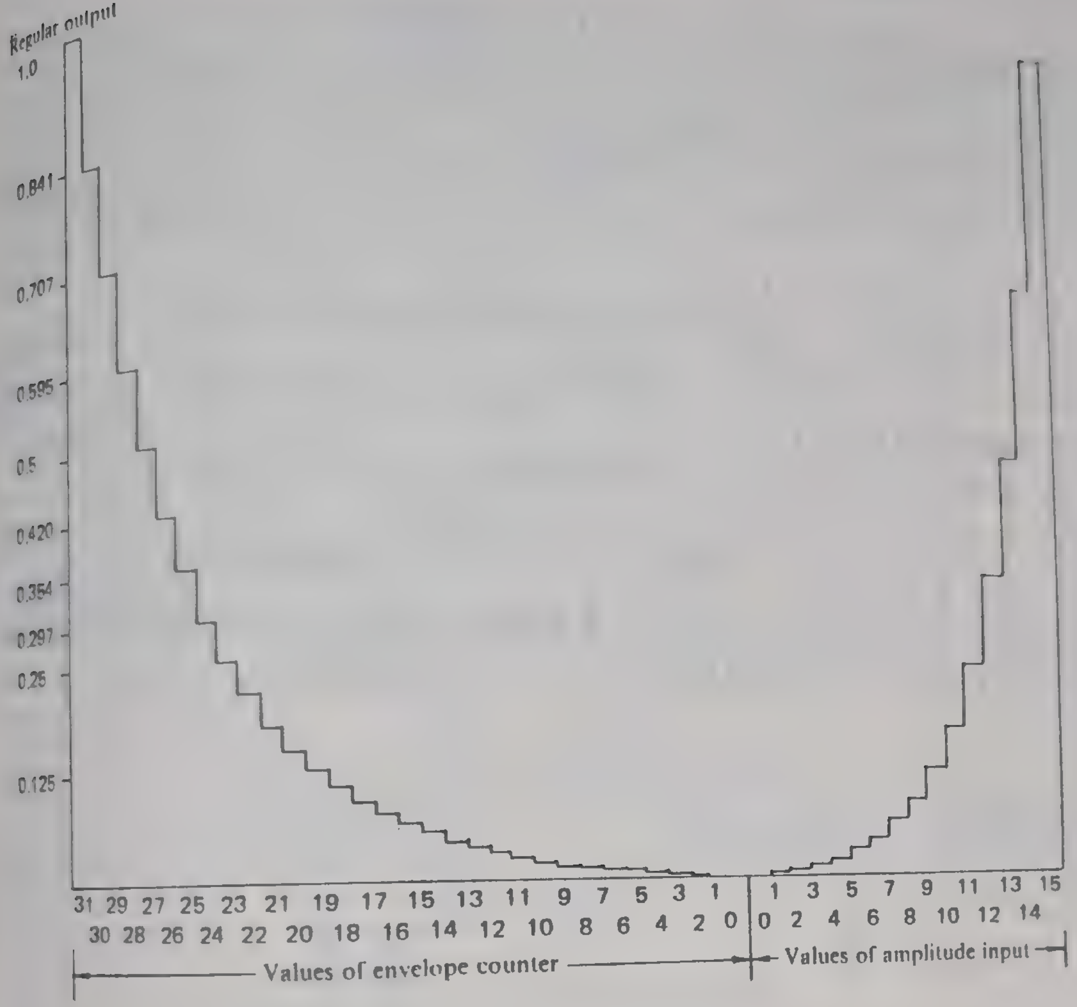



図３－６　Ｄ／Ａコンバーター出力

## 3－4　ステータス情報とインターラプト信号

ＯＰＮに内蔵された２つのタイマー［ＦＭ音源部（ａ－２）参照］は、セットされた周期に従ってフラグを立てます。このフラグはステータス信号あるいはインターラプト信号として読み取ることが出来ます。従って、タイマーをテンポ・カウンタ等として利用することにより、ＣＰＵ（ＯＰＮのコントローラー）の負担が軽くなります。尚、インターラプト信号は、オープン・ドレインとなっているため、他のチップのインターラプト信号とワイアード・オアを取ることができます。

ステータス信号には、上記フラグの他にBUSYの信号があります。このBUSY信号とはデータをレジスタにロード中という意味をもっています。ただし、これはＦＭ音源部のレジスタのみに適用されます。（ＳＳＧ部をアクセスした時にも、BUSYフラグは立ちますが、意味はありません。）ＦＭ音源部のレジスタが一部シリアル・レジスターで構成されているというハードウェアから来た制限です。従って、アドレスを書き込んだ後、データを書き込むという場合には、ウェイトの時間は必要ありません。（このBUSY信号を使わない場合は、アドレスを書き込んだ後、ＦＭ音源部の内部クロックで１２サイクル＊注　以上待ち時間をおいてデータを書き込んで下さい。）

| ステータス信号 | D7 | | D1 | D0 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| | BUSY | | タイマーBフラグ | タイマーAフラグ |

＊注：この12サイクルと入力クロックとの関係は、入力クロックを幾つ分周してFM音源クロックを作っているかで異なります。[FM 音源部(a-4) 参照]　6分周であれば入力クロックの83サイクル 、3分周だと、42サイクル、 2分周であれば28サイクルが待ち時間になります。

# 4　インターフェイスの方法

ＯＰＮはマイクロプロセッサまたは、マイクロコンピュータによりコントロールされ、ＦＭ音源部はＤ／Ａコンバータを介して、またＳＳＧ音源部は直接アナログ／オーディオ回路をドライブできるように設計されています。従って、これらＯＰＮをとり巻く機器に対してそのインターフェイスが必要になってきます。
以下、ＯＰＮと周辺機器とのインターフェイスについて説明します。

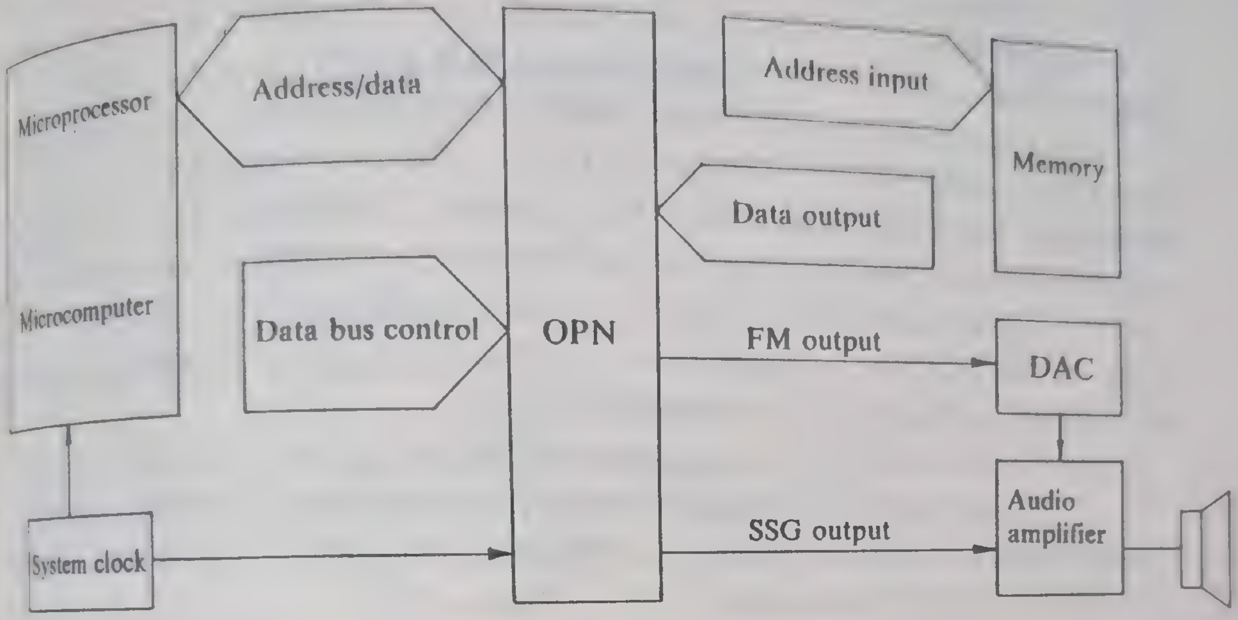



図４－１　システムブロック図

## 4-1 クロックの発生

ＯＰＮは０．７ＭＨｚから４．２ＭＨｚまでの広い範囲にわたってのクロックが入力可能です。（高い周波数ではプリスケーラによって分周数を変化させます。）
システムクロックを経済的に作るには、カラーバースト信号用の水晶振動子を使って３．５７９５４５ＭＨｚのクロックを発信させ、マイクロコンピュータとＯＰＮへ供給するのが良いでしょう。もちろん、使用するマイクロコンピュータに応じて、システムクロックは変化しますが、ＯＰＮへ供給するクロックは０．７ＭＨｚから４．２ＭＨｚにして下さい。またＹＭ２１４９（ＳＳＧ）やＧＩ社のＡＹ－３－８９１０／８９１２（ＰＳＧ）のソフトを開発済であれば、そのソフトを利用するためにそれらＬＳＩに供給したクロックと同一のクロックを入力すべきです。なぜなら、ＳＳＧ・ＰＳＧともにそれらに供給するクロックはＯＰＮのクロックの制限内にあるからです。

## ４－２　オーディオ出力インターフェイス

ＯＰＮのＦＭ音源出力は、デジタル出力であるため、外部にＤ／Ａコンバータが必要です。このＤ／ＡコンバータとしてＹＭ３０１４が用意されています。このＤ／ＡコンバータはＣＭＯＳと薄膜抵抗で作られた１６ビットの分解能を持つ、フローティングＤ／Ａコンバータです。このＤ／Ａコンバータの出力（バッファを含む）を直接オーディオアンプに接続しても結構ですが、音質向上のためには、アンプとＤ／Ａコンバータの間にLow Passフィルターを入れるべきでしょう。（図４－２）

ＳＳＧ音源部では、アナログチャンネルＡ，Ｂ，Ｃを直接ミキシングして1つの終端抵抗に接続してからアンプに通すのが最も簡単な方法でしょう。（図４－３）ただし、この方法だと各チャンネル間の干渉によりＩＭ歪が発生します。このＩＭ歪を改善するには、直接ミキシングするのではなく、ミキシング抵抗を介してから、1つの終端抵抗に接続するのが良い方法です。この場合、出力振幅はミキシング抵抗を介した分だけ低下しますので、その下がった分だけアンプで増幅しなければなりません。（図４－４）最も良い方法は、各チャンネル毎に終端抵抗とアンプを接続することですが、この場合システムが複雑になってしまいます。ＳＳＧ音源部においてもＦＭ音源と同様にLow Passフィルターを入れて下さい。

以上の方法でもＦＭ／ＳＳＧの楽音が得られますが、アンプは各々1つ必要です。そこで、２つをミキシングすればアンプは１つで済みます。この場合、ＦＭとＳＳＧの両出力電圧に差がありますので、ＦＭ音源部にアッテネーターを入れ、ＦＭ音源とＳＳＧ音源とのレベル合わせをします。（図４－５）

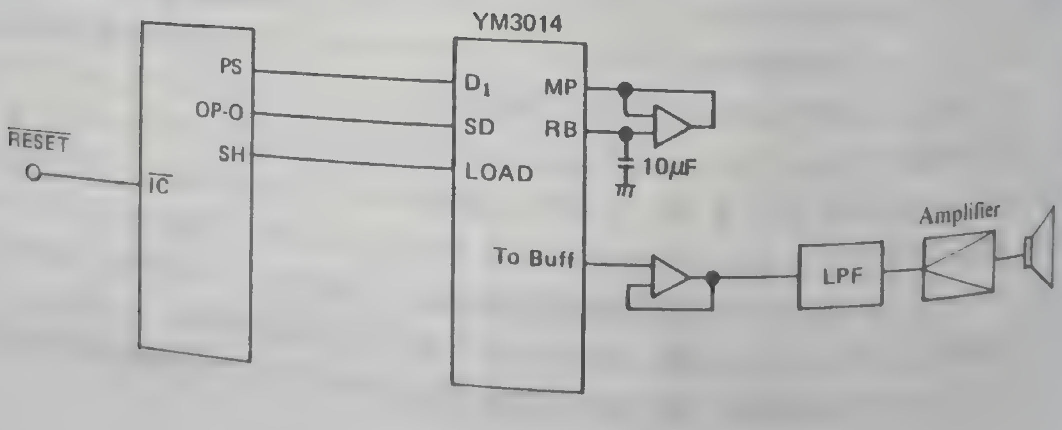



図４－２　ＦＭ音源部とＤ／Ａコンバーター

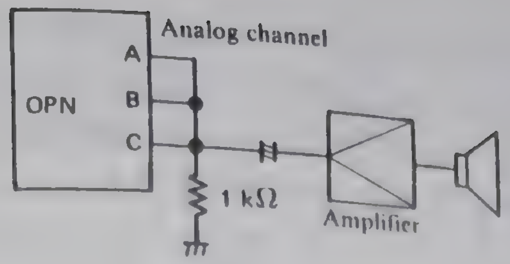



図4－3　直接ミキシング

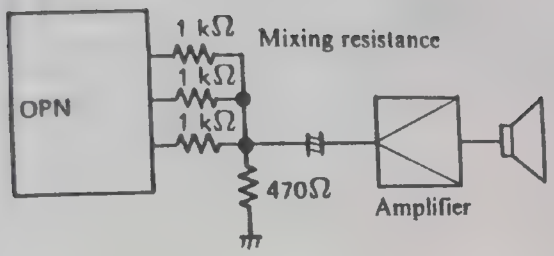



図4－4　ミキシング抵抗を介してのミキシング

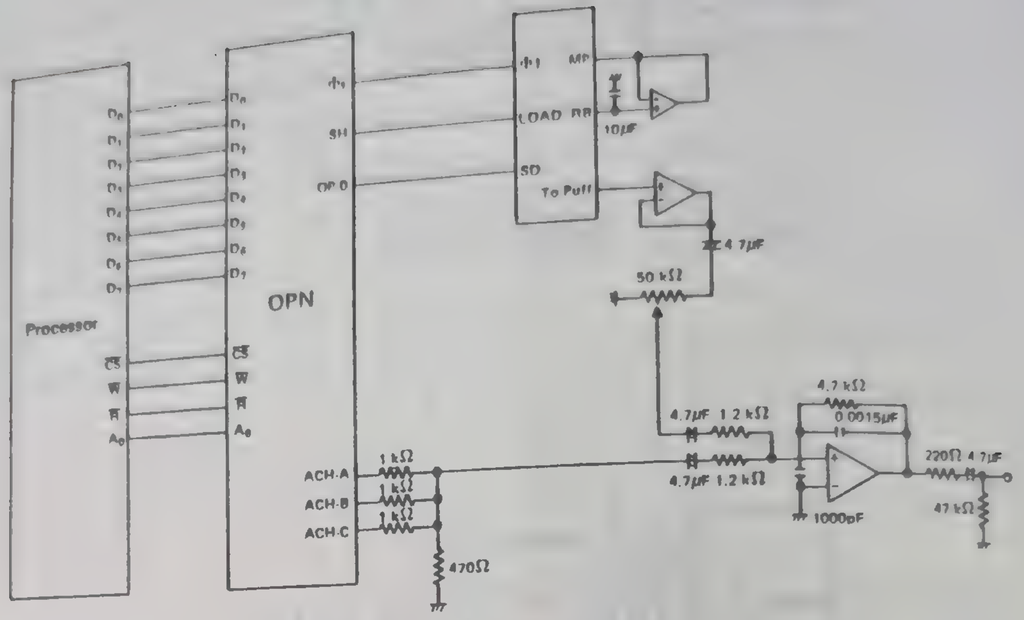



図4－5　ＦＭ部とＳＳＧ部のミキシング

## 4-3 外部メモリアクセス

図4－6のように、ＳＳＧ部の２組のＩ／Ｏポートを利用して外部メモリを接続し、プロセッサをサポートするための追加データをストアすることができます。この図の場合、メモリとしてＲＯＭが接続され、Ｉ／ＯポートＡをメモリのアドレスとし、Ｉ／ＯポートＢでメモリからデータを受け取るようになっています。ＲＯＭのアクセスの手順は次のようになります。

| | $\overline{CS}$ | $\overline{WR}$ | $\overline{RD}$ | A0 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | $07 のレジスタ を選択 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | X | X | X | X | X | X | IOA を出力、IOB を入力にセット |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | $0E のレジスタ を選択 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | X | X | X | X | X | X | X | X | ROM のアドレス をセット |
| 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | $0F のレジスタ を選択 |
| 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | X | X | X | X | X | X | X | X | ROM のデータをリード |

外部メモリとしてＲＡＭを使用した場合は、Ｉ／ＯポートＢの入出力の方向に注意して下さい。

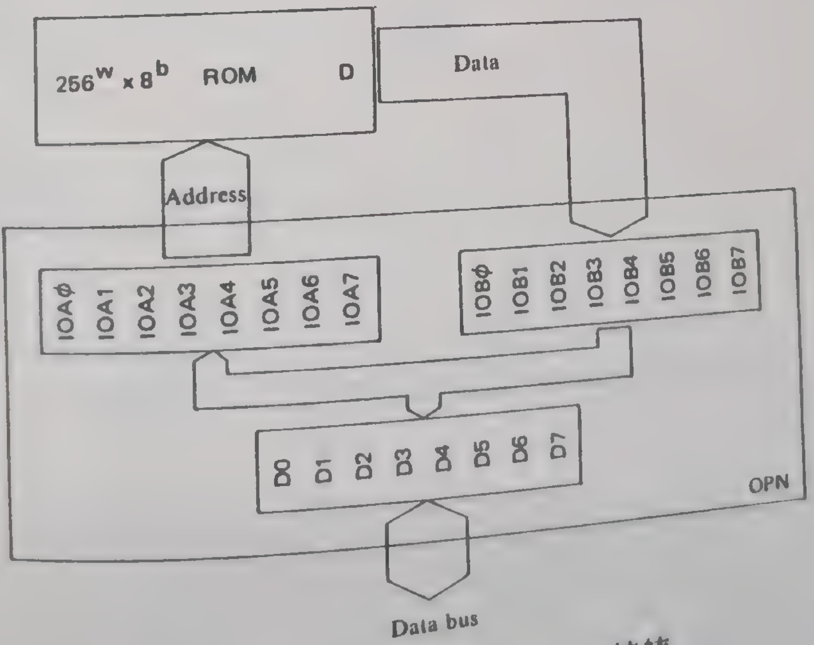



図４－７　外部メモリーとの接続

## 4－4　マイクロプロセッサ／マイクロコンピュータとのインターフェイス

ＯＰＮのＤ０～Ｄ７はプロセッサとのインターフェイスであるデータバスです。これはＯＰＮとプロセッサ間のデータ及びアドレスのやり取りをします。そして、このデータアドレスの転送をコントロールするのが$\overline{CS}$・$\overline{RD}$・$\overline{WR}$・A0ののバスコントロール信号です。

ＯＰＮとプロセッサとの接続は、ＯＰＮ・メモリ・プロセッサという最小システムでは直接接続することも可能ですが、一般的にはプロセッサのＩ／Ｏのリクエストを受けてCSのロジックを取り、ＯＰＮに与えます。

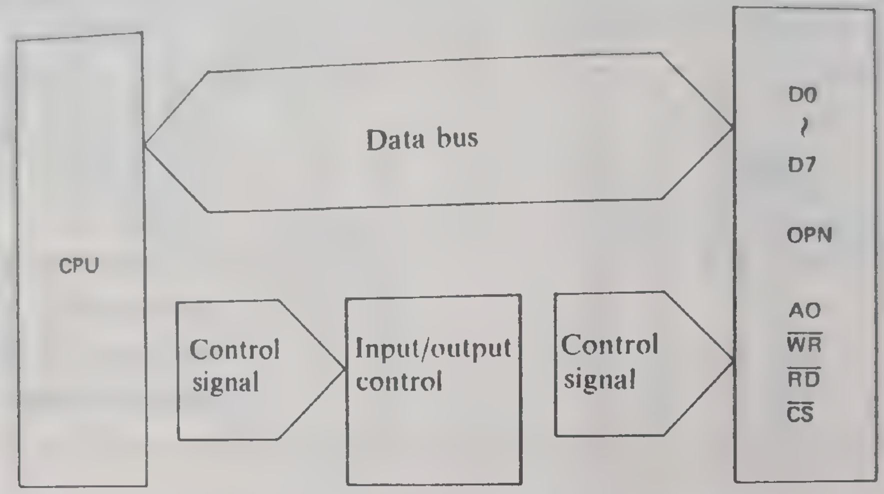
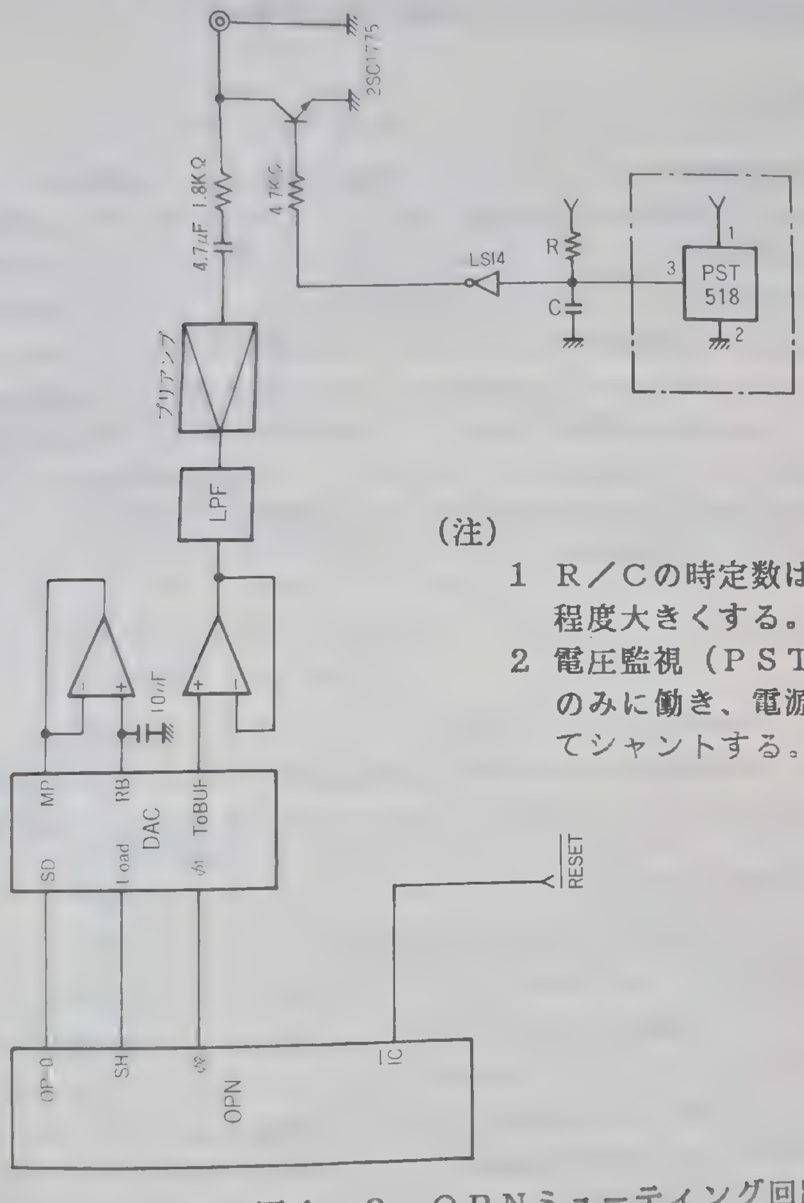



図４－８　プロセッサとの接続

## 4－5　ミューティング回路

電源ON・OFF時のクリック音防止の為のミューティング回路列（図4－9）を与えます。




（注）

1　R／Cの時定数は、$\overline{RESET}$よりも50ms程度大きくする。

2　電圧監視（PST518）は、電源OFF時のみに働き、電源ON時にはRC回路をもってシャントする。

図4－9　OPNミューティング回路列

# 5　楽音の作り方

この章では、ＯＰＮの各レジスタにどのようなＤＡＴＡを入力すると、ピアノやギターなどの楽音を作ることが出来るのかを説明します。ただ、ここでは主としてFM音源について述べ、矩形波音源については、ＹＭ２１４９やＹ－３－８９１０等ですでに豊富なソフトが開発されていることから省略いたします。

## ５－１　ＦＭ音作りの考え方

ＦＭ方式での音作りの基本は、まずは作りたい楽器の特徴を良く理解することです。例えば、ピアノであれば、鍵盤を押した時鋭い音の立ち上りがあり、その後押鍵を続けていれば、徐々に音が消えていくエンベロープを持っています。また、倍音の構成も立ち上り時に多く、時が経つにつれて倍音の数は少なくなり、一定の倍音構成に近づいて行きます。以上のような特徴をつかんだ後、ＦＭの式でいかにして実現するかを考えます。エンベロープの特徴から出力振幅を、そして倍音構成から変調指数を決めることが出来ます。また倍音の構成はオペレータの周波数も関与していますから周波数比もある程度決めることが出来ます。このように、各楽音の特徴からFMのパラメータをおおまかに決め、その次に音を聞きながら細部をつめていくようにすれば望み通りの音色を得ることが出来ます。

## ５－２　音作りの基本

ＦＭ音源の基本は、一つのキャリアと一つのモジュレータによるものです。この基本式について各パラメータの効果をまとめたものが表５－１です。これら５つのパラメータを上手に使うことにより、ＦＭ音源でピッチ・音色・音量のすべてを決めることができます。

表５－１　音作りの基本

| 項目 | 関与するパラメータ | MIN←　音の変化　→MAX |
|---|---|---|
| ｷｬﾘｱの出力ﾚﾍﾞﾙ | 各ｵﾍﾟﾚｰﾀのTOTAL LEVEL (A・D・S・R のRATE とSUSTAIN LEVEL) | 音量小←→音量大 |
| ﾓｼﾞｭﾚｰﾀ の出力ﾚﾍﾞﾙ | | 丸い音色←→明るい音色 |
| ﾓｼﾞｭﾚｰﾀ のﾌｨｰﾄﾞﾊﾞｯｸﾚﾍﾞﾙ | FB | 普通の音色←→鋭い音色 |
| ｷｬﾘｱの周波数 | 各ｵﾍﾟﾚｰﾀの DETUNE／MULTI | ﾋﾟｯﾁ低←→ﾋﾟｯﾁ高 |
| ﾓｼﾞｭﾚｰﾀ の周波数 | | 近い倍音←→離れた倍音 |

上記のようにＦＭの基本式だけでも、いろいろな音を作ることができることがわかりますが、ＯＰＮが持っている４つのオペレータをすべて使うようにすると、さらに音作りの可能性が広がってゆきます。ＯＰＮのオペレータの組み合せ（アルゴリズム）は、８種類用意されています。どのアルゴリズムを使ってもあらゆる音作りが可能なわけですが、各アルゴリズムにもおおまかな適性がありこの点について次に説明します。

Ｉ）キャリア数１のアルゴリズム（CONNECT：0〜3 ）

１つのキャリアに対して残りのすべてのオペレータがモジュレータとなるわけですから、強力に明るい音になります。またこのアルゴリズムは極端な音色変化だけでなく、モジュレータの出力レベルを控え気味にすれば、複雑な波形を持つ微妙な音色を作ることも可能で、ソロ楽器向きのアルゴリズムと言えます。

Ⅱ）キャリア数２のアルゴリズム（CONNECT：4）

キャリア２つのアルゴリズムは、２つのＦＭ基本式を加えたものという点で、音作りの結果を想像しやすいわりに、幅広い音色が作れるオールマイティなパターンです。２つのキャリアのピッチをずらして、コーラス効果を出したり、一方のＦＭで基本的な音色を作り、他方で味付け的な効果（例えば、息の音）を出したりすることも可能です。

Ⅲ）キャリア数 3/4のアルゴリズム

厚みのある落ち着いた音色を作るのに向いています。すべてのキャリアのピッチを少しずつずらしてやると、多数の楽器を同時に弾いているようなコーラス効果を作れます。またアルゴリズム７のように４つのオペレータの出力をすべて加え合せるパターンではカプラー効果によってオルガン系の音色を作るのに最適です。

## 5－3　音作りの例

### 1）エレクトリック・ピアノ

<u>①アルゴリズムの選択</u>

アルゴリズムは4を選びます。このアルゴリズムはキャリアが2つあり、考えやすいわりに様々な音が作れます。ここでは、オペレータ1，2（図3－2：S1 S2）をメインの音色用に、オペレータ3，4（図3－2：S3，S4）を金属的な響きのアクセント用に分けて音作りをします。（CONNECTIONレジスタ）

<u>②オペレータの周波数の決定</u>

オペレータ4のモジュレータになっているオペレータ3を金属的な響きをだすために10倍に設定します。他のオペレータは1倍とします。（MULTI レジスタ）

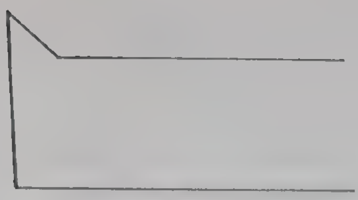
<u>③オペレータ出力レベル</u>

今度はモジュレータのアウトプットレベルを変更して音色を調整します。この時オペレータ1のレベルを決める時には、オペレータ1，2の音のみ鳴らすようにした方がよいでしょう（KON レジスタ）。オペレータはやや明るくなるように＄0くらいにセットし、オペレータ3は音程感がなくならず、なおかつ金属的な響きができるように＄30くらいにセットします。（トータルレベルレジスタ）。フィードバックはオペレータ1のみに効きますが、ここでは2（変調度π／8）にセットして明るさを若干強調します。

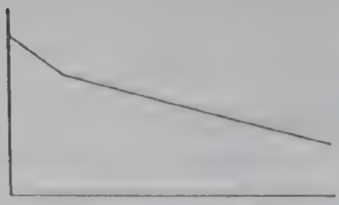
<u>④ＥＧの設定</u>

ここでは音量と音色のエンベロープを決めます。まずオペレータ1，2の組ではキャリアになる方は、アタックを鋭くしかもある程度長くのびるエンベロープにします。モジュレータ側は立ち上がりだけ倍音が多く、あとは一定にしてある音色変化はさせません。次に、オペレータ3，4の組ですが、こちらは金属的な響きを表現する要素ですから、オペレータ1，2の組よりも若干シャープなエンベロープにしたいところです。ただ、ここではキャリアのオペレータ4についてはオペレータ2と同じくらいのセッティングにしておき、キースケーリングで調整することとしオペレータ3は少し音色変化がつくくらいのエンベロープにします。

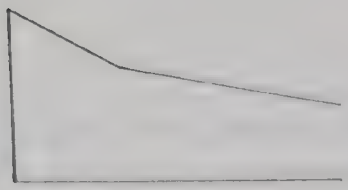
| ｵﾍﾟｰﾀ 番号 | ｱﾀｯｸ | ﾃﾞｨｹｲ | ｻｽﾃｨﾝ | ﾘﾘｰｽ | ｻｽﾃｨﾝ・ﾚﾍﾞﾙ | ｷｰｽｹｰﾙ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1F | 0F | 00 | 06 | 0D | 2 |
| 2 | 1F | 0C | 05 | 08 | 0D | 2 |
| 3 | 1F | 07 | 03 | 06 | 0B | 3 |
| 4 | 1F | 0C | 05 | 08 | 0D | 3 |



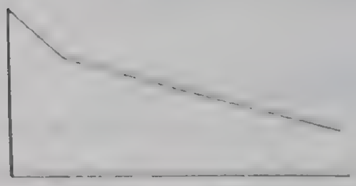
Operator 1



Operator 2



Operator 3



Operator4

今までのレジスタセットでほとんどエレクトリックピアノの雰囲気は出ていますが、さらにキースケーリングを使って高音部での音をシャープにするとともにやはり高音部で音色が明るくなりすぎる点を補正します。シャープさを補正するにはＲＡＴＥスケーリングを使います。音色・音量の調整はトータルレベルに補正データを加えることにより可能です。

⑤データの再調整

以上で音作りは完成の域に達しましたが、ＥＧなどのセッティングにより音色が幾分違ったものになってきます。この場合、オペレータの出力レベルや、フィードバックレベルを再調整して最終的な音に仕立てます。例えば、金属的な響きが強すぎると思われる場合にはオペレータ４のレベルを下げます。尚、キャリアが２つ以上あるアルゴリズムでは、キャリア１の場合に比して、出力の音量が大きくなりますからトータルレベルで調整して下さい。

⑥エフェクトづけ

最後にエレクトリックピアノの音をより生かすためにエフェクト（効果）をつけます。

１つはトレモロ効果です。これにはＬＦＯが必要です。しかしながらＯＰＮにはＬＦＯが内蔵されておりませんので、これはソフトで作ります。ＬＦＯの周期は２Hz～６Hz程度があればよいので、タイマーＡを利用してその割り込み信号に同期してＬＦＯデータを書き換える方法をとればよいでしょう。波形は三角波にします。トレモロの場合には、このＬＦＯを出力に比例した値（トレモロの深さ）をトータルレベルにくわえてやれば出来上がりです。

もう一つの効果はコーラス効果です。これは各オペレータの位相をずらせてやることによって得られます。ディチューンレジスタのデータをいろいろ換えてみて下さい。

II）トランペット

①アルゴリズム

ブラス系のアルゴリズムは2が最適です。このパターンはキャリアが1つでいかにもブラスのような派手な音色向きです。3つのモジュレータにより強力な音色変化がつけられます。

②オペレータ出力

モジュレータであるオペレータ1～3は控えめな＄10～＄28程度にします。またフィードバックレベルはブライトな響きを出すために最大の7（変調度：4π）にします。

③オペレータの周波数

基本的にはすべてのオペレータに対して、1倍にセットしておけばよいでしょう。

④EG

全オペレータとも、ゆっくりとしたアタック音にします。そして、ブラスのサウンドではモジュレータのアタックはすべてキャリアよりも遅くします。「プアン」というブラス特有のアタックを表現するのに必要なことです。また、各モジュレータのアタックデータを少しづつかえてみるのもおもしろいと思います。

⑤キースケーリング

ゆっくりとした立ち上がりにエンベロープをセットしたため、高音部でハギレが悪くなります。このため速いパッセージを弾いた時に不自然にならないようにレイトスケーリングを少しかけます。

⑥LFO

ブラスはどんな上手のプレイヤーが吹いてもロングトーンの場合にはピッチがほんの少し揺れてきます。これを表現するためLFO出力を周波数データ（BLOCK／F-Number）に対して加減算してやります。

## 5－4 音色データ

次に代表的な楽器に対しての各レジスタのデータを与えます。この表のデータだけではLFOの効果・レベルのキースケールの効果が入っていませんので若干物足りなさを感じるかと思われますが、この点についてはいろいろ工夫して納得のいく音に仕上げて下さい。

（注：値はすべてDECIMAL です。）

| | BRASS 1 | | | | BRASS 2 | | | | TRUMPET | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｽﾛｯﾄNO | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 27 | 43 | 34 | 18 | 26 | 34 | 54 | 16 | 13 | 30 | 28 | 16 |
| MULTIPLE DETUNE | 1/0 | 3/2 | 1/0 | 1/1 | 1/0 | 7/2 | 1/0 | 1/1 | 1/0 | 7/0 | 1/0 | 1/0 |
| ATTACK RATE | 13 | 15 | 21 | 18 | 14 | 25 | 15 | 18 | 14 | 14 | 13 | 19 |
| DECAY RATE | 6 | 8 | 14 | 3 | 10 | 13 | 11 | 3 | 14 | 14 | 14 | 3 |
| SUSTAIN RATE | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUSTAIN LEVEL | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 15 | 2 | 2 | 1 | 15 | 1 | 0 |
| RELEASE RETE | 8 | 8 | 8 | 8 | 5 | 15 | 5 | 8 | 3 | 10 | 3 | 10 |
| RATE KEY SCL | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| FEED BACK CONNECT | 7/2 | / | / | / | 7/2 | / | / | / | 7/2 | / | / | / |

| | STRING1 | | | | STRING2 | | | | EPIANO1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｽﾛｯﾄNO | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 28 | 18 | 49 | 17 | 29 | 34 | 58 | 16 | 26 | 18 | 60 | 19 |
| MULTIPLE DETUNE | 1/1 | 5/1 | 1/0 | 1/1 | 1/1 | 5/1 | 1/0 | 1/1 | 1/1 | 1/2 | 10/0 | 1/1 |
| ATTACK RATE | 25 | 25 | 28 | 14 | 28 | 19 | 28 | 13 | 26 | 24 | 26 | 24 |
| DECAY RATE | 10 | 11 | 13 | 4 | 7 | 9 | 7 | 4 | 15 | 12 | 7 | 12 |
| SUSTAIN RATE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 | 5 |
| SUSTAIN LEVEL | 1 | 5 | 2 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| RELEASE RETE | 5 | 8 | 6 | 6 | 3 | 2 | 3 | 7 | 6 | 8 | 6 | 8 |
| RATE KEY SCL | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| FEED BACK CONNECT | 7/2 | / | / | / | 7/2 | / | / | / | 2/4 | / | / | / |

| | EPIANO2 | | | | EPIANO3 | | | | GUITAR | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｽﾛｯﾄNO | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 44 | 29 | 44 | 16 | 37 | 67 | 51 | 16 | 42 | 40 | 46 | 16 |
| MULTIPLE DETUNE | 15/3 | 1/4 | 1/0 | 1/0 | 1/3 | 12/4 | 4/6 | 1/0 | 2/3 | 3/3 | 3/3 | 1/3 |
| ATTACK RATE | 31 | 27 | 30 | 30 | 28 | 27 | 28 | 26 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| DECAY RATE | 15 | 7 | 6 | 7 | 4 | 9 | 4 | 3 | 7 | 4 | 4 | 10 |
| SUSTAIN RATE | 8 | 10 | 11 | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| SUSTAIN LEVEL | 8 | 8 | 15 | 15 | 1 | 0 | 0 | 10 | 15 | 15 | 15 | 0 |
| RELEASE RETE | 10 | 6 | 6 | 7 | 7 | 2 | 6 | 5 | 7 | 11 | 11 | 11 |
| RATE KEY SCL | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| FEED BACK CONNECT | 3/4 | / | / | / | 7/2 | / | / | / | 4/1 | / | / | / |

| | EBASS 1 | | | | EBASS 2 | | | | EORGAN1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｽﾛｯﾄNO | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 30 | 58 | 22 | 16 | 23 | 63 | 23 | 16 | 39 | 30 | 41 | 24 |
| MULTIPLE DETUNE | 6/3 | 5/3 | 0/3 | 1/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 5/3 | 8/5 | 2/7 | 1/3 |
| ATTACK RATE | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 24 | 28 | 28 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| DECAY RATE | 7 | 6 | 9 | 6 | 14 | 10 | 4 | 5 | 18 | 4 | 15 | 15 |
| SUSTAIN RATE | 7 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUSTAIN LEVEL | 2 | 1 | 1 | 15 | 11 | 11 | 11 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| RELEASE RETE | 9 | 9 | 9 | 9 | 6 | 6 | 6 | 6 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| RATE KEY SCL | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| FEED BACK CONNECT | 4/0 | / | / | / | 6/0 | / | / | / | 7/5 | / | / | / |

| | EORGAN2 | | | | PORGAN1 | | | | PORGAN2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｽﾛｯﾄNO | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 28 | 21 | 21 | 27 | 32 | 37 | 38 | 20 | 38 | 32 | 36 | 31 |
| MULTIPLE DETUNE | 6/6 | 1/3 | 3/7 | 2/2 | 8/7 | 4/7 | 0/6 | 0/1 | 4/1 | 2/1 | 12/0 | 6/0 |
| ATTACK RATE | 28 | 24 | 31 | 31 | 20 | 16 | 18 | 18 | 18 | 18 | 30 | 25 |
| DECAY RATE | 18 | 15 | 15 | 15 | 2 | 2 | 2 | 2 | 10 | 4 | 6 | 5 |
| SUSTAIN RATE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| SUSTAIN LEVEL | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 |
| RELEASE RETE | 15 | 15 | 15 | 15 | 7 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| RATE KEY SCL | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| FEED BACK CONNECT | 3/7 | / | / | / | 0/4 | / | / | / | 3/4 | / | / | / |

| | FLUTE | | | | PICCOLO | | | | OBOE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｽﾛｯﾄNO | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 42 | 53 | 39 | 16 | 46 | 29 | 30 | 28 | 32 | 43 | 51 | 19 |
| MULTIPLE DETUNE | 2/7 | 2/0 | 1/3 | 1/0 | 1/0 | 1/0 | 1/0 | 1/0 | 1/3 | 9/3 | 2/3 | 4/3 |
| ATTACK RATE | 31 | 20 | 16 | 15 | 31 | 20 | 20 | 20 | 25 | 28 | 22 | 20 |
| DECAY RATE | 9 | 7 | 11 | 4 | 10 | 6 | 11 | 11 | 11 | 12 | 0 | 6 |
| SUSTAIN RATE | 3 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| SUSTAIN LEVEL | 14 | 15 | 2 | 0 | 5 | 15 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 0 |
| RELEASE RETE | 5 | 5 | 5 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 11 | 11 | 11 |
| RATE KEY SCL | 3 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| FEED BACK CONNECT | 7/3 | / | / | / | 7/6 | / | / | / | 7/2 | / | / | / |

| | CLARINE | | | | GLOCKEN | | | | VIBRPHN | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｽﾛｯﾄNO | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 39 | 37 | 55 | 19 | 35 | 28 | 24 | 16 | 34 | 31 | 70 | 17 |
| MULTIPLE DETUNE | 1/0 | 2/0 | 4/0 | 1/0 | 11/3 | 1/0 | 7/0 | 1/7 | 9/3 | 6/5 | 5/0 | 1/0 |
| ATTACK RATE | 31 | 19 | 31 | 19 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 27 | 30 | 30 |
| DECAY RATE | 0 | 11 | 15 | 15 | 14 | 9 | 16 | 7 | 16 | 7 | 12 | 5 |
| SUSTAIN RATE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 5 | 4 | 0 | 10 | 11 | 10 |
| SUSTAIN LEVEL | 0 | 4 | 0 | 0 | 15 | 1 | 10 | 1 | 11 | 8 | 15 | 15 |
| RELEASE RETE | 0 | 11 | 9 | 9 | 15 | 6 | 0 | 7 | 10 | 5 | 6 | 5 |
| RATE KEY SCL | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| FEED BACK CONNECT | 7/3 | / | / | / | 3/4 | / | / | / | 4/4 | / | / | / |

| | XYLOPHN | | | | KOTO | | | | ZITAR | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｽﾛｯﾄNO | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 33 | 28 | 35 | 17 | 32 | 32 | 31 | 22 | 33 | 74 | 34 | 23 |
| MULTIPLE DETUNE | 5/3 | 1/2 | 3/3 | 1/3 | 3/3 | 4/3 | 1/3 | 1/3 | 7/3 | 9/3 | 1/2 | 1/3 |
| ATTACK RATE | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | 29 | 28 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| DECAY RATE | 23 | 14 | 20 | 14 | 8 | 5 | 4 | 10 | 6 | 6 | 12 | 12 |
| SUSTAIN RATE | 10 | 11 | 11 | 12 | 5 | 4 | 2 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| SUSTAIN LEVEL | 14 | 15 | 14 | 15 | 2 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RELEASE RETE | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 4 | 6 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| RATE KEY SCL | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| FEED BACK CONNECT | 7/4 | / | / | / | 7/0 | / | / | / | 0/2 | / | / | / |

| ｽﾛｯﾄNO | CLAV | | | | HARPSIC | | | | BELL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 45 | 36 | 19 | 19 | 40 | 60 | 32 | 22 | 33 | 36 | 43 | 28 |
| MULTIPLE DETUNE | 12/3 | 9/3 | 0/3 | 1/3 | 12/0 | 15/1 | 1/4 | 3/5 | 2/3 | 0/2 | 2/3 | 2/3 |
| ATTACK RATE | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 29 | 29 | 10 | 30 |
| DECAY RATE | 4 | 5 | 4 | 1 | 12 | 2 | 12 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| SUSTAIN RATE | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 7 | 1 | 3 | 4 | 3 |
| SUSTAIN LEVEL | 15 | 0 | 1 | 10 | 1 | 15 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| RELEASE RETE | 7 | 7 | 7 | 12 | 10 | 6 | 6 | 7 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| RATE KEY SCL | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| FEED BACK CONNECT | 7/3 | / | / | / | 7/2 | / | / | / | 3/4 | / | / | / |

| ｽﾛｯﾄNO | HARP | | | | HARMONI | | | | TIMPANI | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| TOTAL LEVEL | 35 | 40 | 53 | 25 | 38 | 51 | 32 | 21 | 40 | 40 | 39 | 16 |
| MULTIPLE DETUNE | 2/0 | 1/0 | 2/0 | 1/0 | 5/3 | 5/0 | 0/1 | 1/0 | 0/7 | 0/5 | 0/7 | 0/0 |
| ATTACK RATE | 31 | 31 | 31 | 31 | 20 | 20 | 16 | 14 | 29 | 29 | 29 | 31 |
| DECAY RATE | 12 | 13 | 6 | 12 | 5 | 8 | 2 | 8 | 6 | 0 | 13 | 0 |
| SUSTAIN RATE | 0 | 6 | 5 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 7 |
| SUSTAIN LEVEL | 15 | 1 | 1 | 1 | 9 | 0 | 0 | 1 | 15 | 0 | 2 | 0 |
| RELEASE RETE | 4 | 5 | 5 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| RATE KEY SCL | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FEED BACK CONNECT | 7/1 | / | / | / | 7/0 | / | / | / | 7/1 | / | / | / |

# 6　電気的特性

## 6－1　絶対最大定格

| 項　　目 | 定　格　値 | 単　位 |
|---|---|---|
| 端子電圧 | －０．３～７．０ | V |
| 動作周囲温度 | ０～７０ | ℃ |
| 保存温度 | －５０～１２５ | ℃ |

## 6－2　推奨動作条件

| 項　　目 | 記号 | 最小 | 標準 | 最大 | 単　位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 電源電圧 | VDD | ４．７５ | ５．０ | ５．２５ | V |
| | VSS | ０ | ０ | ０ | V |

## 6－3　直流特性

| 項 | 目 | 記　号 | 条　　件 | 最小 | 最大 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 入力Highﾚﾍﾞﾙ電圧 | 全入力 | V IH | | 2.0 | V DD | V |
| 入力Low ﾚﾍﾞﾙ電圧 | 全入力 | V IL | | −0.3 | 0.8 | V |
| 入力ﾘｰｸ 電流 | φM,$\overline{\text{WR}}$,$\overline{\text{RD}}$,A0 | I L | V in=0～5V | −10 | 10 | μA |
| ｽﾘｰｽﾃｰﾄ(ｵﾌ状態)<br>入力電流 | D0～D7 | I TSL | V in=0～5V | −10 | 10 | μA |
| 出力Highﾚﾍﾞﾙ電圧 | $\overline{\text{IRQ}}$ を除く出力 | V OH1<br>V OH2 | I OH1=0.4mA<br>I OH2=40μA | 2.4<br>3.3 | | V<br>V |
| 出力Low ﾚﾍﾞﾙ電圧 | 全出力 | V OL | I OL=2mA | | 0.4 | V |
| 出力ﾘｰｸ 電流<br>（ｵﾌ状態） | $\overline{\text{IRQ}}$ | I OL | V OH=0～5V | −10 | 10 | μA |
| ｱﾅﾛｸﾞ 出力電圧 | ANALOG－CH A,B,C | V OA | 最大音量，<br>ﾐｷｼﾝｸﾞ 無，<br>R L=1kΩ | 0.95 | 1.35 | V PP |
| 電源電流 | | I DD | | | 110 | mA |
| ﾌﾟﾙｱｯﾌﾟ 抵抗 | IOA0～IOA7，IOB0～IOB7,IC,CS | R PU | | 60 | 600 | KΩ |
| 入力容量 | 全入力 | C I | f =1MHz | | 10 | PF |
| 出力容量 | 全出力 | C O | | | 10 | PF |

## 6－4　交流特性

| 項目 | | 記号 | 条件 | 最小 | 標準 | 最大 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 入力ｸﾛｯｸ周波数 | φM | fC | ﾌﾟﾘｽｹｰﾗ 機能<br>（図 6-1） | 0.7 | | 4.2 | MHz |
| 入力ｸﾛｯｸﾃﾞｭｰﾃｨ | φM | | | 40 | 50 | 60 | % |
| 入力ｸﾛｯｸ立ち上り時間 | φM | TR | （図 6-1） | | | 50 | nS |
| 入力ｸﾛｯｸ立ち下り時間 | φM | TF | （図 6-1） | | | 50 | nS |

＊　ＦＭ音源のアクセス

| 項目 | | 記号 | 条件 | 最小 | 標準 | 最大 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｱﾄﾞﾚｽｾｯﾄｱｯﾌﾟ時間 | A0 | TAS | （図6-2,6-3） | 10 | | | nS |
| ｱﾄﾞﾚｽﾎｰﾙﾄﾞ時間 | A0 | TAH | （図6-2,6-3） | 10 | | | nS |
| ﾁｯﾌﾟｾﾚｸﾄﾗｲﾄ 幅 | $\overline{CS}$ | TCSW | （図6-2） | 200 | | | nS |
| ﾁｯﾌﾟｾﾚｸﾄﾘｰﾄﾞ幅 | $\overline{CS}$ | TCSR | （図6-3） | 250 | | | nS |
| ﾗｲﾄﾊﾟﾙｽﾗｲﾄ幅 | $\overline{WR}$ | TWW | （図6-2） | 200 | | | nS |
| ﾗｲﾄﾃﾞｰﾀｾｯﾄｱｯﾌﾟ時間 | D0～D7 | TWDS | （図6-2） | 100 | | | nS |
| ﾗｲﾄﾃﾞｰﾀﾎｰﾙﾄﾞ時間 | D0～D7 | TWDH | （図6-3） | 20 | | | nS |
| ﾘｰﾄﾞﾊﾟﾙｽ幅 | $\overline{RD}$ | TRW | （図6-3） | 250 | | | nS |
| ﾘｰﾄﾞﾃﾞｰﾀｱｸｾｽ時間 | D0～D7 | TACC | CL=100PF<br>（図6-3） | | | 250 | nS |
| ﾘｰﾄﾞﾃﾞｰﾀﾎｰﾙﾄﾞ 時間 | D0～D7 | TRDH | （図6-3） | 10 | | | nS |

| 項　　目 | | 記　号 | 条　　件 | 最小 | 標準 | 最大 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｱｳﾄﾌﾟｯﾄ 立ち上り時間 | φS | T OR1 | C L=100PF<br>(図6-4) | | | 200 | nS |
| | OP-0,SH | T OR2 | C L=100PF<br>(図6-5) | | | 300 | nS |
| ｱｳﾄﾌﾟｯﾄ 立ち下り時間 | φS | T OF1 | C L=100PF<br>(図6-4) | | | 200 | nS |
| | OP-0,SH | T OF2 | C L=100PF<br>(図6-5) | | | 300 | nS |

＊　ＳＳＧ音源のアクセス

| 項　　　目 | | 記　号 | 条　　件 | 最小 | 標準 | 最大 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ｱﾄﾞﾚｽｾｯﾄｱｯﾌﾟ時間 | A0 | T SAS | (図6-7,6-8) | 10 | | | nS |
| ｱﾄﾞﾚｽﾎｰﾙﾄﾞ時間 | A0 | T SAH | (図6-7,6-8) | 10 | | | nS |
| ﾁｯﾌﾟｾﾚｸﾄﾗｲﾄ 幅 | $\overline{CS}$ | T SCSW | (図6-7) | 250 | | | nS |
| ﾁｯﾌﾟｾﾚｸﾄﾘｰﾄﾞ幅 | $\overline{CS}$ | T SCSR | (図6-8) | 400 | | | nS |
| ﾗｲﾄﾊﾟﾙｽﾗｲﾄ幅 | $\overline{WR}$ | T SWW | (図6-7) | 250 | | | nS |
| ﾗｲﾄﾃﾞｰﾀｾｯﾄｱｯﾌﾟ時間 | D0～D7 | T SWDS | (図6-7) | 0 | | | nS |
| ﾗｲﾄﾃﾞｰﾀﾎｰﾙﾄﾞ時間 | D0～D7 | T SWDH | (図6-7) | 20 | | | nS |
| ﾘｰﾄﾞﾊﾟﾙｽ幅 | $\overline{RD}$ | T SRW | (図6-8) | 400 | | | nS |
| ﾘｰﾄﾞﾃﾞｰﾀｱｸｾｽ時間 | D0～D7 | T SACC | CL=100PF<br>(図6-8) | | | 400 | nS |
| ﾘｰﾄﾞﾃﾞｰﾀﾎｰﾙﾄﾞ 時間 | D0～D7 | T SRDH | (図6-8) | 10 | | | nS |

＊　リセット

| 項　　　目 | | 記　号 | 条　　件 | 最小 | 標準 | 最大 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ﾘｾｯﾄﾊﾟﾙｽ幅 | $\overline{IC}$ | T ICW | (図6-9) | 72* | | | ｻｲｸﾙ |

* ﾌﾟﾘｽｹｰﾗ の分周数に依存する。　ﾊﾟﾙｽ幅=(分周数)X12

## 6－5　タイミング図（ﾀｲﾐﾝｸﾞの設定はＶIH=2.0V，Ｖ IL=0.8V を基準とする。）

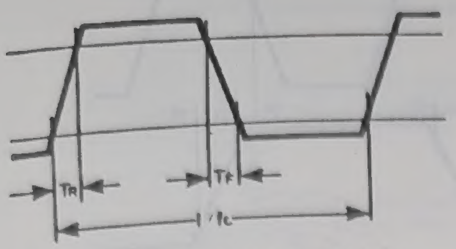



図６－１　ｸﾛｯｸ･ﾀｲﾐﾝｸﾞ

（注）ＴCSW 、ＴWW、ＴWDH は$\overline{CS}$
$\overline{WR}$のいずれかがHighﾚﾍﾞﾙに
なった時を基準とする。

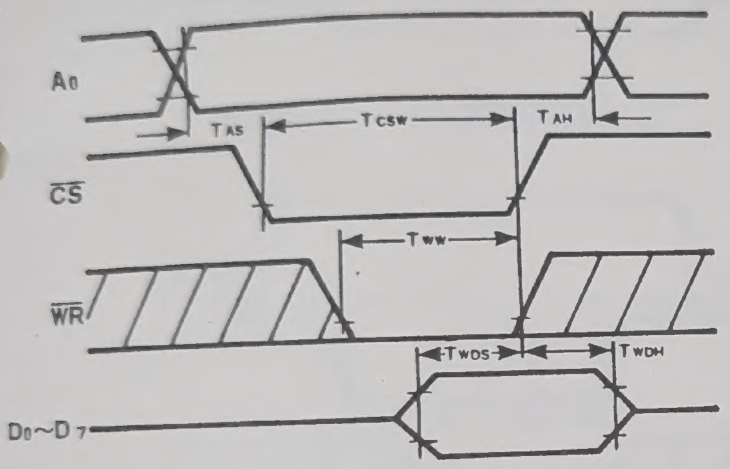



図６－２　FM部ﾗｲﾄﾀｲﾐﾝｸﾞ

（注）ＴACC は$\overline{CS}$、$\overline{RD}$の遅くLowﾚﾍﾞﾙ になるのが基準です。
ＴCSR 、ＴRW、ＴRDH は$\overline{CS}$
$\overline{RD}$のいずれかがHighﾚﾍﾞﾙに
なった時を基準とする。

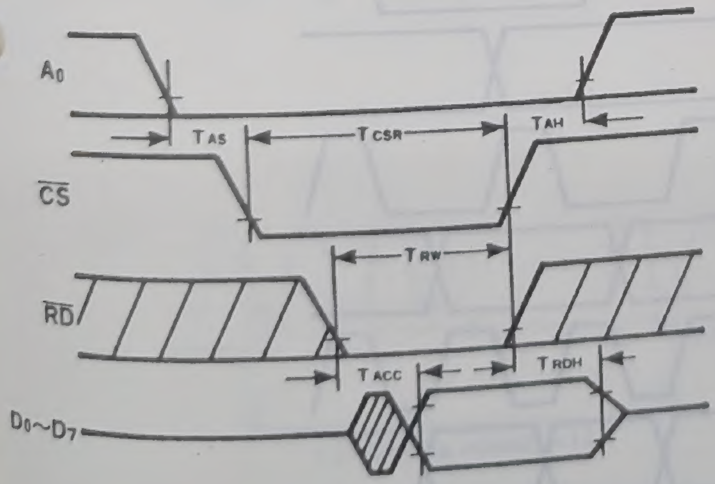



図６－３　FM部ﾘｰﾄﾞﾀｲﾐﾝｸﾞ

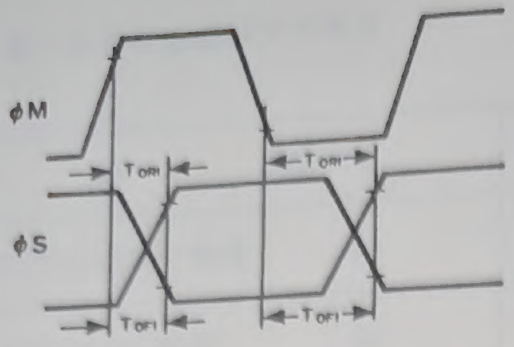



図6-4-a φM とφS(分周数 2と 3の場合)

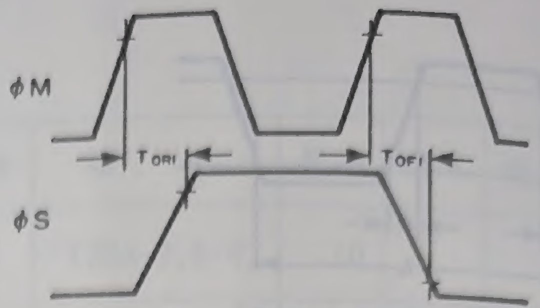



図6-4-b φM とφS(分周数 6の場合)

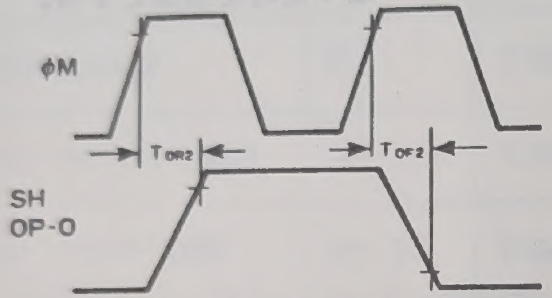



図6－5　φM とSH･OP-0

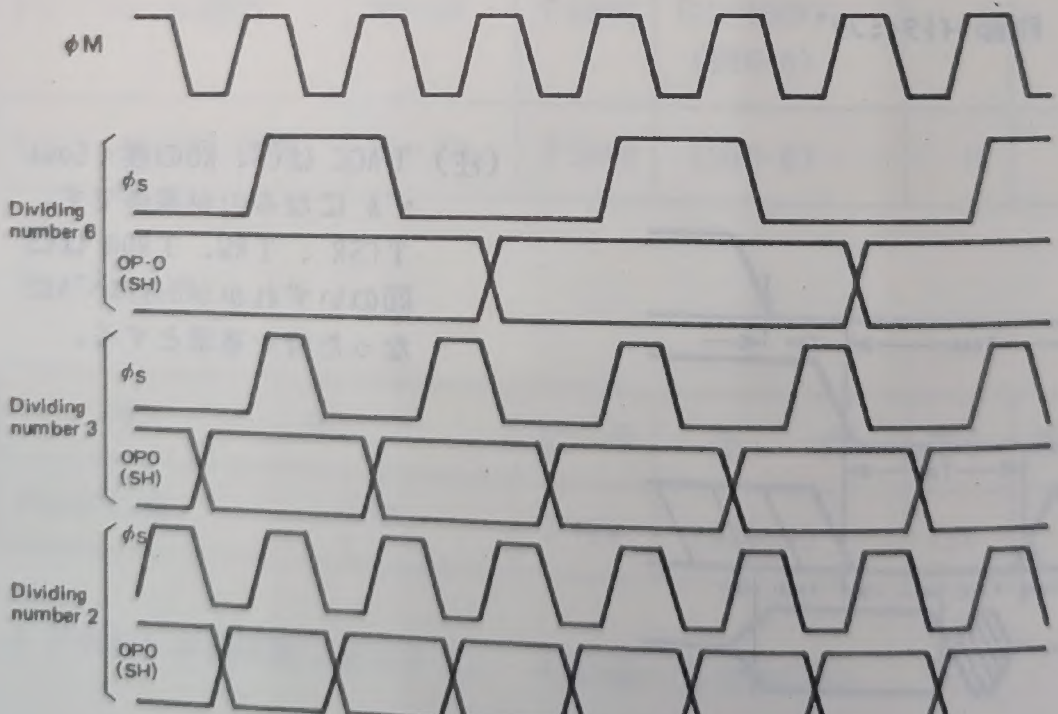



図6－6　各分周数におけるφM とOP-0/SH のﾀｲﾐﾝｸﾞ

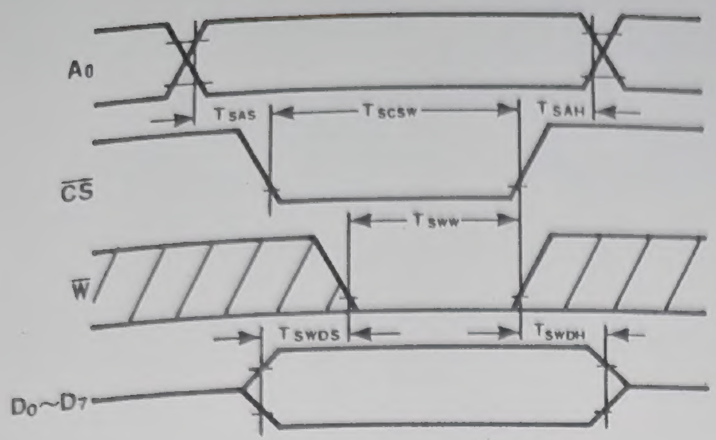



図６－７　SSG 部のﾗｲﾄﾀｲﾐﾝｸﾞ

（注）T SWDSは$\overline{CS}$、$\overline{WR}$のいずれか遅くLowﾚﾍﾞﾙ になる時を基準とする。

T SCSW、T SWW 、T SWDHは$\overline{CS}$、$\overline{WR}$のいずれかがHighﾍﾞﾙになった時を基準とする。

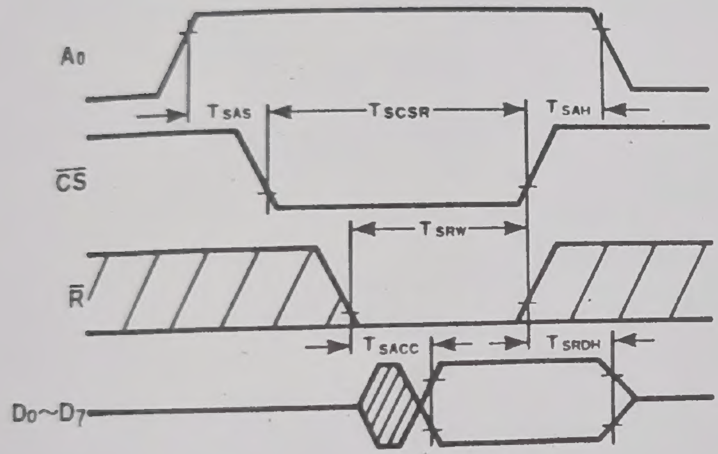



図６－２　SSG 部ﾘｰﾄﾞﾀｲﾐﾝｸﾞ

（注）T SACCは$\overline{CS}$、$\overline{RD}$の遅くLowﾚﾍﾞﾙ になる時間が基準です。

T SCSR、T SRW 、T SRDHは$\overline{CS}$、$\overline{RD}$のいずれかがHighﾚﾍﾞﾙになった時を基準とする。

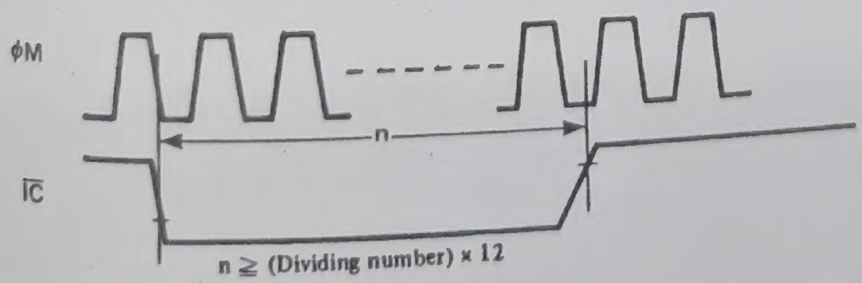



図６－９　ﾘｾｯﾄﾊﾟﾙｽ

注）本品の仕様につきましては改良の為、予告なく変更する場合があります。

代理店


## ヤマハ株式会社

半導体営業部

■営業部　〒438-01　静岡県磐田郡豊岡村松之木島203
TEL <0539>62－4918(代)
FAX <0539>62－5054

■東京営業所　〒101　東京都千代田区神田駿河台3-4
龍名館ビル4F
TEL <03>3255－4481(代)
FAX <03>3255－4488

■大阪営業所　〒542　大阪府大阪市中央区南船場3-12-9
心斎橋プラザビル東館4F
TEL <06>252－7980(代)
FAX <06>252－5615


不許複製 © 1988 YAMAHA CORPORATION 0.1K 8610 ㊀